HZ BOOKS
华章教育

PEARSON
Education

风险管理与金融机构

(原书第2版)

（加） 约翰·赫尔（John C. Hull）多伦多大学 著

（加） 王 勇 加拿大皇家银行 译

Risk Management and Financial Institutions (2nd Edition)



机械工业出版社
China Machine Press

对于中国金融业及其从业人士而言，未雨绸缪、居安思危，从近期全球金融业一系列的动荡事件中吸取教训，构建自身的防患长城和避险工具，无疑是一件必要且颇具紧迫感的事。《风险管理与金融机构》根植于北美发达国家金融业的土壤，伴随金融风暴的“欧风美雨”而来，为读者提供了一整套可供借鉴的“度量工具”和“前车之鉴”，可谓适逢其时。

——上海浦东发展银行监事会主席 **刘海彬**

约翰·赫尔教授被金融界称为金融衍生品教材的鼻祖，他的新著《风险管理与金融机构》第2版对触发美国次贷危机的信用产品进行了深入的剖析，并对最新的监管条例及动向进行了深刻的分析和预测。这本最新推出的《风险管理与金融机构》第2版中文版书籍可以让中国的金融从业人员加深对金融风险管理的认识，特别是在中国推出股指期货之后，对如何稳步有序地发展金融衍生品市场和提高资本市场创新能力等有相当的借鉴作用。

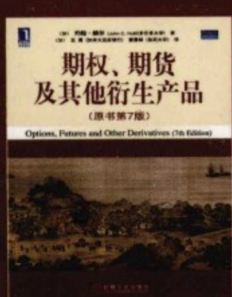
——中信集团公司副董事长兼总经理 **常振明**

金融危机所提供的最大的教训，也许本来就是一个最普通的常识，只不过好多人忘记了。对防范新的金融危机而言，政府加强对衍生产品、自营交易、公司规模和评级机构的监管可能会有用，但这些无法取代第一道也是最基本的防线，即公司和金融机构自身的治理， 尤其是风险管理。在全球竞争性的经济环境中，不承担风险的金融机构是无法生存的。多伦多大学赫尔教授关于金融机构风险管理的著作，集经典与前瞻、专业与常识于一身，一直是业界与学术界人士的首选。王勇博士在专业方面的严谨之上，更是一位成功的资深从业人士，对加拿大皇家银行在金融危机前后的上乘表现做出了直接的贡献。

——加拿大皇家银行资本市场副主席 **庞晓东** 博士

《风险管理与金融机构》从理论到实践，从监管到业内实操，从大的金融市场到具体的金融产品，深入浅出地对金融领域的风险管理进行了清晰的论述，尤其对金融市场中风险的主要载体——金融产品、资产组合及其量化技术进行了详细的讲解。该书必将对我国金融业提升风险管理水平、资本市场的发展、 推动新资本协议的实施起到积极的作用。

——招商银行总行实施新资本协议办公室副主任 **李明强** CFA、FRM、CIA



（中文版·原书第7版）

作者：约翰·赫尔
(John C. Hull)
ISBN 978-7-111-25437-9
定价：78.00 元



（英文版）

作者：约翰·赫尔
(John C. Hull)
ISBN 978-7-111-28219-8
定价：68.00 元

客服热线：
(010) 88379210, 88361066
购书热线：
(010) 68326294, 88379649, 68995259
投稿热线：
(010) 88379007
读者信箱：
hzjg@hzbook.com

华章网站 http://www.hzbook.com
网上购书：www.china-pub.com

PEARSON Education
www.PearsonEd.com

上架指导：金融投资
ISBN 978-7-111-30699-3
9 787111 306993
定价：56.00元

风险管理与金融机构

(原书第2版)

（加） 约翰·赫尔（John C. Hull）多伦多大学 著
（加） 王 勇 加拿大皇家银行 译

Risk Management and Financial Institutions (2nd Edition)



机械工业出版社
China Machine Press

本书侧重讲述银行和其他金融机构所面临的风险。首先从风险与回报的替代关系入手，逐步深入地讨论了市场风险、信用风险和操作风险等。在讨论基础风险类型的同时也花了大量篇幅讨论《新巴塞尔协议》，并列举了近年来发生在金融界的重大损失案例。章后练习题和作业题帮助学生进一步理解概念、掌握操作程序及流程。

本书可作为高等院校金融相关专业的教材，也适用于金融交易和风险管理相关从业人员的参考用书。

John C. Hull. Risk Management and Financial Institutions, 2nd Edition.

ISBN 0-13-239790-0

Copyright © 2010 by Pearson Education, Inc.

Simplified Chinese edition copyright © 2010 by China Machine Press.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc. This edition is authorized for sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

All rights reserved.

本书中文简体字版由 Pearson Education（培生教育出版集团）授权机械工业出版社在中华人民共和国境内（不包括中国台湾地区和中国香港、澳门特别行政区）独家出版发行。未经出版者书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签，无标签者不得销售。

封底未贴防伪标均属盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问　北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2009-6557

图书在版编目（CIP）数据

风险管理与金融机构（原书第2版）/（加）赫尔（Hull, J. C.）著；（加）王勇译. —北京：机械工业出版社，2010. 6

书名原文：Risk Management and Financial Institutions

ISBN 978-7-111-30699-3

Ⅰ. 风…　Ⅱ. ①赫…　②王…　Ⅲ金融机构－风险管理－教材　Ⅳ. F830. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 090374 号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号　邮政编码　100037）

责任编辑：宁　姗　　　版式设计：刘永青

北京瑞德印刷有限公司印刷

2010年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm · 26 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-30699-3

定价：56.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88379210；88361066

购书热线：(010) 68326294；88379649；68995259

投稿热线：(010) 88379007

读者信箱：hzjg@hzbook. com

致中国读者 To Chinese Readers

我非常高兴我的朋友王勇博士将我这本书翻译成中文。近年来中国的资本市场发展迅猛，与世界其他地区相比，中国的金融机构也会面临类似的风险管理难题。事实上，中国的金融监管部门也在试图要求各大金融机构满足《新巴塞尔协议》的要求，本书的许多篇幅着重讨论了相关内容。我衷心希望本书会给读者带来有用的信息和帮助。

约翰·赫尔

Foreword 推荐序一

美国次贷危机引起的全球金融海啸余波未息，由冰岛、希腊债务危机引发的欧元危机狂潮又汹涌而来。从债务危机，到金融危机，再到经济危机，风声鹤唳，一夕数惊，使这个刚刚进入新世纪的世界，竟然有了世纪末的味道。而这一切的源头，都肇始于金融风险管理的缺失。金融界的贪婪，监管部门的颟顸，政府的无能，老百姓的愤怒，不过是一道道无奈的风景和劫难后的浮世绘，留下至今未了的金融残局，痛在惊恐未平的人们心头。一向奢华的美国人开始节俭了，这是似乎无所不能的华尔街纵横捭阖、上下其手的报应；欧洲的希腊、葡萄牙、爱尔兰、西班牙虽然风景如画，却不期然上了待破产国家的排行榜，成为拖累欧元区的"四小猪"。想当年横空出世、前程无限、被视做欧盟经济稳定器，雄心勃勃欲分美元半壁江山的欧元，如今成为市场上的烫手山芋，兀地到了生死存亡的关头！据德国《图片报》调查，77%的欧洲人对欧元表示不信任，84%的德国人希望回到马克时代，当时的反对派应该窃笑了。真是"时来铁成金，运去金成铁"，时耶命耶？让人怎不伤怀！

羚羊挂角，寻之有迹；空谷足音，其声可闻。洪水滔天，当来自涓滴之细；狂风骤起，应起于青萍之末。无论多大的灾害，都应该可以发乎隐，现乎微，睹其于未然而有所因应，起码是应该有所预警的。帝国黄昏，欧元噩梦，烟波江上，几度斜阳。痛定思痛，亡羊补牢。在全球化已成现实的今天，一个人、一个银行的错误，完全可以演变成一个行业、一个国家甚至全球的危机。无论你称之为多米诺骨牌效应还是蝴蝶效应，结果是一样的。于是我们面前有了这本《风险管理与金融机构》。于今，约翰·赫尔教授的新著《风险管理与金融机构》堪称独树一帜。它不仅选材宽泛，涵盖了风险管理的方方面面，堪称是一本百科全书式的教材，是此类书籍中当之无愧的集大成者，举凡金融风险管理中的先进理念和专业术语无不囊括，且融会贯通、自成一体。其独特视角尤可称道。作为大师级的人物，作者对金融风险管理体悟甚深，更能以深入浅出的语言来阐述复杂的理论，且处处展现着创新性的思维，犀利之中自有真知灼见，激发读者举一反三，食髓知味。他举重若轻，把繁复的金融问题转换成能处理的模型，进行量化；同时把复杂的概念转化成简单语言。其间妙处，相信读者看了之后自会得其三昧。

本书的译者王勇博士是我的老朋友，身为加拿大最大的银行皇家银行副总裁兼风险定量分析部董事总经理，在繁忙的工作之余，不忘教书育人。他

在多伦多大学管理学院和维多利亚学院分别开设了金融衍生产品和风险管理课程，吸引了众多向往神秘金融王国的学子。在《风险管理与金融机构》第2版的翻译过程中，他也融入自己在北美金融机构从事专业工作的切身体会、在广泛的国际交流中探索的他山之玉以及金融研究和教学中积累的宝贵经验，这更赋予本书与众不同的禀赋和内涵。2010年1月，王勇荣膺世界华人金融贡献奖，亦属实至名归。对于中国金融业及其从业人士而言，未雨绸缪、居安思危，从近期全球金融业一系列的动荡事件中吸取教训，构建自身的防患长城和避险工具，无疑是一件必要且颇具紧迫感的事。《风险管理与金融机构》根植于北美发达国家金融业的土壤，伴随金融风暴的“欧风美雨”而来，为读者提供了一整套可供借鉴的“度量工具”和“前车之鉴”，可谓适逢其时。大师之作，人杰之译，一书合称双璧；阳春白雪，高山流水，定是不乏知音。相信这本书定能成为广大金融从业人士的知己，因为好书是全人类的朋友。

上海浦东发展银行监事会主席　刘海彬

Forword

推荐序二

2007年年初，我曾为《风险管理与金融机构》第1版撰写序言。随后，全球的金融机构因美国次贷危机引发的国际金融危机受到重创，其波及面之广、影响之深、冲击之大始难预料。这场国际金融危机已载入史册，它的起因、影响等在今后若干年还将不断被人们评说，金融监管及金融机构的发展无疑将成为人们长期探讨的话题。我国金融体系虽未受到这次国际金融危机的直接冲击，但我们应从发展的角度来考虑，重新审视风险管理理念，吸取前车之鉴，以应对金融发展进程中新的和更大的挑战。

约翰·赫尔教授被金融界称为金融衍生品教材的鼻祖，他的新著《风险管理与金融机构》第2版对触发美国次贷危机的信用产品进行了深入的剖析，并对最新的监管条例及动向进行了深刻的分析和预测。该书的译者王勇博士是海外知名的风险管理专家，在理论和实践方面均有较深的造诣。这本最新推出的《风险管理与金融机构》第2版中文版书籍可以让中国金融从业人员加深对金融风险管理的认识，特别是在中国推出股指期货之后，对如何稳步有序地发展金融衍生品市场和提高资本市场创新能力等有相当的借鉴作用。

在此，我再次推荐《风险管理与金融机构》第2版中文译著，它为国内金融机构的管理者，特别是着力于风险管理这一新型领域的从业人员提供了一个很实用的参考资料。我相信本书的出版会帮助我们掌握国际风险管理游戏规则，并提高金融从业人员的专业水准。一本好的教材好比一座桥梁、一条捷径，可以让我们少走弯路。

中信集团公司副董事长兼总经理　常振明

译者序 Forword

一本好书可以助你事业有成，人生如虎添翼。用这句话来描述约翰·赫尔教授的著作对我的影响很恰当。16年前，赫尔教授的著作把我领进了金融领域。时至今日，他的著作仍在多个方面对我的事业有着深刻影响。在当前信息爆炸的时代，找书读似乎变得异常容易，但事实上，寻觅一本好书却更加困难。约翰·赫尔教授的著作《风险管理与金融机构》无疑是金融著作精品中的上乘之作。

2007年年中开始的由美国次贷危机引发的国际金融危机带给我们很多教训和启示。长期以来，美国的投资人在数十年资本市场较为温和的金融环境下，热衷于追求金融创新，追逐高额回报，同时与之相伴的金融监管也偏重于鼓励创新，忽视了对系统性风险的治理。在疾风迅雨过去后，当前世界似乎进入后金融危机时期，但业界的管理人员应该痛定思痛，从金融危机的惨痛经历中吸取教训。

约翰·赫尔教授的新著《风险管理与金融机构》第2版保持了第1版的精髓，并对触发美国次贷危机的信用产品进行了深入的剖析，对危机中的信用紧缩现象进行了讨论，对最新的监管条例及动向也做了深刻的分析和预测。无疑该书对完善风险管理体系，并使我们避免重蹈次贷危机之旧辙，提供了导航。

此书可以作为高校金融专业的教材，可以帮助学生开拓思维并学以致用。对书中所列举的业界事例及其借鉴意义的透彻理解会成为金融专业毕业生进入风险管理领域的敲门砖。书中列举的练习题以及作业题有助于学生进一步理解概念并掌握操作程序及流程。我们充分相信本书会成为高校学生的良师益友。

在过去三年中，我有幸和金燕敏女士、索吾林教授合作，将约翰·赫尔教授的三部著作《风险管理与金融机构》（第1版）、《期权与期货市场基本原理》（第6版）、《期权、期货及其他衍生产品》（第7版）分别翻译成中文，并由华章公司在国内出版发行。最近我收到许多读者的反馈，其中有热情洋溢的赞扬，也有严肃中肯的建议和批评。我在翻译《风险管理与金融机构》第2版的过程中，尽力采纳了读者的建设性意见和建议。原书中的多处笔误也在翻译稿中得到纠正。

在此书的翻译过程中我得到了许多人的热情帮助。以下人员曾阅读此书的中文稿并提供了宝贵的建议：他们是兴业证券的李琳女士，加拿大皇后大

学的索吾林教授，加拿大 Algorithmics 公司的高级金融工程师杨熙安博士，加拿大皇家银行的杜宇博士和傅广宇博士。皇家银行的袁俊博士和李美蓉博士值得特别感谢，袁俊博士和李美蓉博士仔细阅读了中文稿的全文翻译，对翻译一致性以及准确性提出了宝贵的建议。

回首过去9个月夜以继日的辛劳，我的妻子金燕敏女士的体谅和关怀让我铭记在心。

我们还要特别感谢华章公司的编辑，他们对于本书的策划提供了帮助并对文稿的校对提供了宝贵的意见及建议，我们在此表示感谢。

本书的中文翻译肯定会有不尽如人意之处，我们衷心希望读者的批评指正。来信请寄 yong. wang@ rbc. com。

王　勇　博士，CFA，FRM

2010年3月于加拿大多伦多

作者简介 About the Author

约翰·赫尔

约翰·赫尔（John Hull）教授在衍生产品以及风险管理领域享有盛名。他的研究领域包括信用风险、雇员股票期权、波动率曲面、市场风险和利率衍生产品。他和艾伦. 怀特（Alan White）教授研发出的 Hull-White 利率模型荣获 Nikko-LOR 大奖。他曾为北美、日本和欧洲多家金融机构提供金融咨询。约翰·赫尔教授著有“*Risk Management and Financial Institutions*”（中文版为《风险管理与金融机构》）、“*Fundamentals of Futures and Options Markets*”（中文版为《期权与期货市场基本原理》）和“*Options, Futures, and Other Derivatives*”（中文版为《期权、期货及其他衍生产品》）等金融专著。这些著作被翻译成多种语言，并在世界不同地区的交易大厅中广泛采用。赫尔先生曾荣获多项大奖，其中包括多伦多大学著名的 Northrop Frye 教师大奖，在 1999 年他被国际金融工程协会（International Association of Financial Engineers）评为年度金融工程大师（Financial Engineer of the Year）。



约翰·赫尔教授现任职于多伦多大学 Rotman 管理学院，他曾任教于加拿大约克大学、美国纽约大学、英国克兰菲尔德大学和英国伦敦商学院等。他现为八个学术杂志的编委。



王勇

王勇博士，CFA，FRM，现任加拿大皇家银行（Royal Bank of Canada）金融集团副总裁，全球市场风险定量分析部董事总经理，主管全行的模型定量分析。1994年获得加拿大达尔豪斯（Dalhousie）大学数学博士，同年加盟皇家银行。入行以来，连年业绩显赫，获得银行“优秀风险管理人奖”、“同行认可奖”、“卓越成就奖”。2003年成为皇家银行董事会批准的为数不多的40岁以下的银行高管，2009年被加拿大多家社团组织授予“加拿大杰出专业人士奖”，2010年年初在上海举办的世界华人金融精英陆家嘴峰会上荣获“世界华人金融贡献奖”。

除了银行管理工作，王勇博士还是加拿大多伦多大学Rotman管理学院授课教授，主讲金融课程“期权、期货及其他衍生产品”。王勇博士是中组部海外培训班讲师、加拿大证券学院高级顾问、中国多家商业银行的特邀专家顾问。中国及加拿大诸多媒体对王勇博士做过精英专访。自2008年起，王勇博士又与加拿大维多利亚学院合作开设“注册风险管理师”（FRM）的强化培训班，效果显著，许多学生受益于他的讲座，顺利地通过了FRM考试。

王勇博士是注册金融分析师（CFA），注册风险管理师，加中金融协会创始人之一，现任会长。

约翰·赫尔教授、王勇博士及金燕敏女士（本书第1版合译者）在多伦多大学Rotman管理学院合影



前　　言 Preface

自从本书的第 1 版在 2006 年出版以来，金融市场发生了很多变化，在此期间，全世界的许多金融机构受到了重创，无论是金融机构还是监管当局均对风险管理实践重新评估，压力测试和流动性风险已经受到更多的关注。

为了反映市场的最新变化，我将《风险管理与金融机构》的第 1 版进行了扩充。同我的另一本畅销书《期权、期货及其他衍生产品》一样，本书的目的是为了给从业人员以及在校学生带来有用的信息。准备 GARP 和 PRIMA 考试的专业人士会发现本书特别有帮助。

本书可以用做风险管理或金融风险管理选修课教材。学生选修之前并不需要事先学过有关期权、期货市场的课程。如果学生确实已经学过这些内容，此书前 7 章的某些内容就不必再重复阅读了。

为了使本书的读者范围达到最广，在本书的内容拓展过程中，我尽量深入浅出地介绍所用的数学知识。例如，在第 10 章讲述 Copula 函数内容时，我首先将 Copula 这个概念直觉化，然后举出一个较为详细的数值例子；在第 9 章讲述极大似然方法以及第 12 章讲述极值理论时，我尽可能给读者提供详尽的数值例子，以此读者可以开发出自己的 Excel 计算表，对于适当情况，我也提供了关于应用的 Excel 计算表；读者可以在我的网页 http：//www. rotman. utoronto. ca/ ~ hull 下载这些程序。

本版新增内容

本版增加了许多新内容，包括：

1. 本书含有 3 章金融机构的介绍，包括第 2 章银行、第 3 章保险公司和养老基金，第 4 章共同基金和对冲基金。

2. 本书增加了一个新的章节，名为“资产抵押证券、债务抵押债券及 2007 年信用紧缩”（第 16 章），在该章我们解释了触发 2007 ~ 2009 年金融危机的前因，以及从危机中可以吸取的教训。

3. 本书增加了一个新的章节，名为“情景分析和压力测试”（第 17 章），该章是为了反映金融机构和监管当局对于压力测试的强调和重视。

4. 流动性风险和模型风险被分为两个不同的章节（第 19 章及第 20 章），自 2007 年危机后，这两个领域变得愈加重要。

5. 我们在《新巴塞尔协议》之前首先讨论了风险价值度（第 8 章），许多授课教师向我指出，这种讲述次序更为合理。

6. 为了解释计算风险价值度的其他方法，我提供了一个伴有计算表的样板交易组合（可以在我的网页上下载）。

7. 本书中我提供了更多数值例子。

DerivaGem 软件

DerivaGem 软件包括两个 Excel 应用：期权计算器（Options Calculator）及应用工具（Applications Builder）。期权计算器包括易于操作的关于一大类期权定价的软件，应用工具中包括若干样本程序，用户能够以样本程序为基础建立自身的应用程序，学生可以利用这些程序来对风险管理话题进行研究，并可以用这些程序来设计出更为有趣的作业题。本书的最后有关于这一软件的说明，用户可以在我的网页上下载此软件的最新版本：http：//www. rotman. utoronto. ca/ ~ hull。

问题解答

每章最后的习题被分为练习题和作业题两组，在本书末我对练习题提供了解答。

鸣谢

在本书的写作过程中，许多人提供了帮助，而与许多学术界及金融风险管理人员的交往让我受益匪浅。我要感谢选修我的 MBA 金融风险管理课的学生，这些学生对我的课程提出了许多建议，促使本书的内容与质量逐渐完善。Geometric Press 的 Eddie Mizzi 在本书的最终文稿校对以及版面安排方面做了非常好的工作。Derrick Knie 和 Milena Litoiu 为我的研究工作提供了很好的协助。

我要特别感谢我在多伦多大学的同事 Alan White 教授。在过去的 25 年里，Alan 和我在衍生产品以及风险管理方面有许多合作研究，同时我们也一起给其他机构提供过许多咨询服务。在此期间，我们花了大量时间共同探讨一些关键性问题，本书中采用的许多新观点，以及对一些旧观点的新的解释方法是 Alan 和我共同拥有的。Alan 是 DerivaGem 软件的主要开发者。

我要特别感谢 Prentice Hall 出版社的许多工作人员，尤其是本书编辑 Donna Battista。我在此感谢他们对我的热情帮助、建议以及鼓励。

欢迎读者对本书提出建议。我的 E-mail 地址是 hull@ rotman. utoronto. ca。

约翰·赫尔（John Hull）

多伦多大学 Joseph L. Rotman 管理学院

教学建议 Suggestion

一、课程简介

本课程系统地讲述了金融机构如何管理自身面临的风险，并详细地讨论了信用风险、市场风险、操作风险、流动性风险等管理方法。该课程还将讨论银行的监管规则、新巴塞尔协议等内容。该课程还将深刻剖析造成2007年年中开始的金融危机的原因及相关产品。

MBA专业、金融学专业及金融工程专业的学生可以通过本课程来掌握风险管理过程的专业知识，为今后从事金融工作打下良好的基础。参加FRM和PRM考试的从业人员也会发现本课程讲述的内容对于复习考试十分有帮助。

二、教学内容、学习要点及课时安排

教学内容	学习要点	课时安排		
		MBA	金融学专业硕士研究生	金融学专业本科生
第1章 导言	1. 风险及回报的替换关系 2. 了解公司破产费用 3. 风险管理的两个主要途径：风险分解和风险聚集	2	2	2
第2章 银行	1. 商业银行业务 2. 投资银行业务 3. 银行内潜在的利益冲突 4. 银行所面临的风险	2	2	2
第3章 保险公司和养老基金	1. 人寿保险和年金 2. 财产及伤害险 3. 道德风险和逆向选择 4. 监管条例和资本金要求	2	2	2
第4章 共同基金和对冲基金	1. 共同基金简介 2. 交易所交易基金 3. 对冲基金的交易策略	2	2	2
第5章 金融产品	1. 金融市场简介 2. 资产的长头寸和短头寸 3. 简单衍生产品 4. 非传统衍生产品 5. 奇异期权和结构性产品	2	2	3
第6章 交易员如何管理风险暴露	1. 希腊值的计算 2. 现实中的对冲 3. 情景分析	3	2	3

（续）

教学内容	学习要点	课时安排		
		MBA	金融学专业硕士研究生	金融学专业本科生
第7章 利率风险	1. 净利息收入管理 2. 伦敦同业银行拆借利率和互换利率 3. 利率久期和曲率 4. 收益曲线的非平行移动 5. 主成分分析	3	2	4
第8章 风险价值度	1. VaR 的定义 2. VaR 测度与预期亏损 3. 边际 VaR、递增 VaR 与成分 VaR	2	2	3
第9章 波动率	1. 波动率的定义 2. 隐含波动率 3. 波动率计算模型 4. 最大似然估计	3	2	3
第10章 相关系数与 Copula 函数	1. 相关性的定义 2. Copula 函数的定义 3. Copula 函数的应用	3	2	3
第11章 银行管理条约、《新巴塞尔协议》和偿付能力法案Ⅱ	1. 1988 年《巴塞尔协议》 2. 1996 年《巴塞尔协议修正案》 3. 《新巴塞尔协议》 4. 《新巴塞尔协议》对于操作风险的处理 5. 偿付能力法案Ⅱ	3	3	3
第12章 市场风险：历史模拟法	1. 历史模拟法的介绍 2. VaR 的精确度 3. 极值理论和应用	3	2	3
第13章 市场风险：模型构建法	1. 基本方法介绍 2. 相关矩阵 3. 线性模型及应用 4. 蒙特卡罗模拟 5. 模型构建法与历史模拟法的比较	2	2	3
第14章 信用风险：估测违约概率	1. 历史违约概率 2. 信用违约互换 3. 信用溢差 4. 违约概率的比较	2	2	3
第15章 信用风险损失和信用风险价值度	1. 信用损失的估算 2. 信用风险的缓解 3. 信用风险价值度 4. Vasicek 模型和默顿模型	2	2	3
第16章 资产抵押证券、债务抵押证券及 2007 年信用紧缩	1. 美国住房市场 2. 资产证券化 3. 如何避免将来的危机 4. 合成 CDO	2	2	2
第17章 情景分析和压力测试	1. 如何产生分析情景 2. 压力测试监管条例 3. 如何应用压力测试结果	2	2	2

（续）

教学内容	学习要点	课时安排		
		MBA	金融学专业硕士研究生	金融学专业本科生
第 18 章 操作风险	1. 操作风险的定义 2. 计算操作风险监管资本金的方式 3. 损失程度和损失频率 4. 操作风险资本金的分配 5. 萨班斯－奥克斯利法案	2	2	2
第 19 章 流动性风险	1. 交易流动性风险 2. 融资流动性风险 3. 流动性黑洞	2	2	2
第 20 章 模型风险	1. 盯市计价 2. 物理模型和金融模型的比较 3. 标准产品的定价模型 4. 对于非标准产品的模型 5. 模型检测	2	2	2
第 21 章 经济资本金与 RAROC	1. 经济资本金的定义 2. 经济资本金的构成 3. 经济资本金的分配 4. RAROC	2	2	2
第 22 章 重大金融损失和借鉴意义	1. 风险额度 2. 对于交易平台的管理 3. 对于非金融机构的教训	2	2	2
课时总计		50	45	56

C o n t e n t s　# 目录

致中国读者
推荐序一
推荐序二
译者序
作者简介
译者简介
前言
教学建议

第1章　导言 1
1.1　投资人的风险回报关系 2
1.2　有效边界 4
1.3　资本资产定价模型 5
1.4　套利定价理论 8
1.5　公司的风险及回报 9
1.6　金融机构的风险管理 10
1.7　小结 12
推荐阅读 12
练习题 12
作业题 13

第2章　银行 14
2.1　商业银行 14
2.2　小型商业银行的资本金要求 16
2.3　存款保险 17
2.4　投资银行业 18
2.5　证券交易 21
2.6　银行内部潜在的利益冲突 22
2.7　今天的大型银行 22
2.8　银行所面临的风险 25
2.9　小结 26
推荐阅读 26
练习题 26
作业题 27

第3章　保险公司和养老基金 28
3.1　人寿保险 28
3.2　年金 31
3.3　死亡率表 33
3.4　长寿风险和死亡风险 35
3.5　财产及伤害险 35
3.6　健康保险 37
3.7　道德风险以及逆向选择 38
3.8　再保险 39
3.9　资本金要求 39
3.10　保险公司面临的风险 40
3.11　监管条款 40
3.12　养老金计划 41
3.13　小结 43
推荐阅读 44
练习题 45
作业题 45

第4章　共同基金和对冲基金 46
4.1　共同基金 46
4.2　对冲基金 51
4.3　对冲基金的策略 55
4.4　对冲基金的收益 58
4.5　小结 59
推荐阅读 60

练习题 60
作业题 61

第5章 金融产品 62
5.1 市场 62
5.2 资产的长头寸和短头寸 63
5.3 衍生产品市场 64
5.4 最基本的衍生产品 65
5.5 保证金 73
5.6 非传统衍生产品 76
5.7 奇异期权和结构性产品 78
5.8 风险管理的挑战 80
5.9 小结 81
推荐阅读 81
练习题 81
作业题 83

第6章 交易员如何管理风险暴露 84
6.1 Delta 84
6.2 Gamma 89
6.3 Vega 90
6.4 Theta 91
6.5 Rho 91
6.6 希腊值的计算 92
6.7 泰勒级数展开 92
6.8 对冲的现实状况 93
6.9 奇异型产品对冲 94
6.10 情景分析 95
6.11 小结 96
推荐阅读 96
练习题 96
作业题 97

第7章 利率风险 99
7.1 净利息收入管理 99
7.2 伦敦银行同业拆借利率和互换利率 101
7.3 利率久期 102
7.4 曲率 104
7.5 推广 105
7.6 收益曲线的非平行移动 106
7.7 利率敏感性 108
7.8 主成分分析法 109
7.9 Gamma 和 Vega 111
7.10 小结 112
推荐阅读 112
练习题 113
作业题 113

第8章 风险价值度 115
8.1 VaR 的定义 116
8.2 VaR 计算例子 116
8.3 VaR 与预期亏损 117
8.4 VaR 和资本金 118
8.5 满足一致性条件的风险度量 120
8.6 VaR 中的参数选择 121
8.7 边际 VaR、递增 VaR 及成分 VaR 123
8.8 回顾测试 124
8.9 小结 127
推荐阅读 127
练习题 128
作业题 128

第9章 波动率 129
9.1 波动率的定义 129
9.2 隐含波动率 131
9.3 采用历史数据来估算波动率 132
9.4 金融变量的每日变化量是否服从正态分布 133
9.5 监测日波动率 135
9.6 指数加权移动平均模型 137

9.7 GARCH(1, 1) 模型 138
9.8 模型选择 139
9.9 最大似然估计法 139
9.10 采用 GARCH(1, 1) 模型来预测波动率 143
9.11 小结 145
推荐阅读 146
练习题 146
作业题 147

第 10 章 相关系数与 Copula 函数 148

10.1 相关系数的定义 148
10.2 监测相关系数 149
10.3 多元正态分布 151
10.4 Copula 函数 153
10.5 将 Copula 函数应用于贷款组合 156
10.6 小结 158
推荐阅读 158
练习题 158
作业题 159

第 11 章 银行管理条约、《新巴塞尔协议》和偿付能力法案II 161

11.1 对银行资本进行监管的原因 161
11.2 1988 年之前 162
11.3 1988 年《巴塞尔协议》163
11.4 G30 政策推荐 165
11.5 净额结算 165
11.6 1996 年修正案 167
11.7 《新巴塞尔协议》168
11.8 《新巴塞尔协议》中的信用风险资本金 169
11.9 《新巴塞尔协议》对操作风险的处理 175
11.10 第 2 支柱：监督审查过程 175
11.11 第 3 支柱：市场纪律 176
11.12 对《新巴塞尔协议》的改进 176
11.13 偿付能力法案 II 177
11.14 小结 178
推荐阅读 179
练习题 179
作业题 180

第 12 章 市场风险：历史模拟法 181

12.1 方法论 181
12.2 VaR 的精确度 184
12.3 历史模拟法的推广 185
12.4 极值理论 188
12.5 极值理论的应用 190
12.6 小结 191
推荐阅读 192
练习题 192
作业题 193

第 13 章 市场风险：模型构建法 194

13.1 基本方法论 194
13.2 推广 196
13.3 相关性矩阵和协方差矩阵 197
13.4 对于利率变量的处理 199
13.5 线性模型的应用 201
13.6 线性模型与期权产品 202
13.7 二次模型 203
13.8 蒙特卡罗模拟 205
13.9 对非正态分布的假设 205
13.10 模型构建法与历史模拟法的比较 206
13.11 小结 206
推荐阅读 207
练习题 207
作业题 208

第 14 章 信用风险：估测违约概率 210

14.1 信用评级 210
14.2 历史违约概率 212
14.3 回收率 213
14.4 信用违约互换 214
14.5 信用溢差 217
14.6 由信用溢差来估算违约概率 219
14.7 违约概率的比较 221
14.8 利用股价来估计违约概率 224
14.9 小结 226
推荐阅读 226
练习题 227
作业题 228

第 15 章 信用风险损失和信用风险价值度 229

15.1 信用损失的估算 229
15.2 信用风险的缓解 233
15.3 信用风险价值度 236
15.4 Vasicek 模型和默顿模型 236
15.5 Credit Risk Plus 237
15.6 CreditMetrics 238
15.7 小结 240
推荐阅读 241
练习题 241
作业题 242

第 16 章 资产抵押证券、债务抵押债券及2007 年信用紧缩 243

16.1 美国住房市场 243
16.2 证券化 245
16.3 定价错误 249
16.4 避免将来的危机 250
16.5 合成 CDO 252
16.6 小结 254
推荐阅读 255
练习题 256
作业题 256

第 17 章 情景分析和压力测试 257

17.1 产生分析情景 257
17.2 监管条例 261
17.3 如何应用结果 263
17.4 小结 265
推荐阅读 265
练习题 266
作业题 266

第 18 章 操作风险 267

18.1 什么是操作风险 268
18.2 计算操作风险监管资本金的方法 269
18.3 操作风险的分类 270
18.4 损失程度和损失频率 270
18.5 前瞻性方法 273
18.6 操作风险资本金的分配 274
18.7 应用幂律分布 275
18.8 保险 276
18.9 《萨班斯－奥克斯利法案》277
18.10 小结 277
推荐阅读 278
练习题 278
作业题 279

第 19 章 流动性风险 280

19.1 交易流动性风险 280
19.2 融资流动性风险 285
19.3 流动性黑洞 290
19.4 小结 294
推荐阅读 295

练习题 295
作业题 296

第 20 章 模型风险 297
20.1 盯市计价 297
20.2 线性产品的模型 299
20.3 物理与金融 300
20.4 对标准产品如何应用定价模型 301
20.5 对冲 305
20.6 对于非标准产品的模型 306
20.7 模型在建立时存在的危险 307
20.8 检测模型中的问题 307
20.9 小结 308
推荐阅读 308
练习题 308
作业题 309

第 21 章 经济资本金与 RAROC 310
21.1 经济资本金的定义 310
21.2 经济资本金的构成 311
21.3 损失分布的形状 313
21.4 风险的相对重要性 314
21.5 经济资本金的汇总 314
21.6 对于风险分散收益的分配 316
21.7 德意志银行的经济资本金 317
21.8 RAROC 318
21.9 小结 319
推荐阅读 319
练习题 319
作业题 320

第 22 章 重大金融损失和借鉴意义 321
22.1 风险额度 322
22.2 对交易平台的管理 323
22.3 流通风险 325
22.4 对于非金融机构的教训 327
22.5 小结 328
推荐阅读 328

附录 A 利率复利频率 329

附录 B 零息利率、远期利率及零息收益率 332

附录 C 远期合约和期货合约的定价 335

附录 D 互换合约定价 337

附录 E 欧式期权定价 339

附录 F 美式期权定价 341

附录 G 泰勒级数展开 343

附录 H 特征向量和特征值 345

附录 I 主成分分析法 347

附录 J 对信用转移矩阵的处理 348

练习题答案 349

术语表 373

DerivaGem 软件说明 389
$x\leqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值 393
$x\geqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值 394

CHAPTER 1

第 1 章

导　言

假如你是一家大公司的首席风险官（Chief Risk Officer，CRO），公司首席执行官（CEO）想了解你对一个项目的看法。呈现在你面前的大量风险报告显示这一项目当前价值为正，同时这一项目也会增加股权价值，那么公司 CEO 想从你这里得到什么样的分析和建议呢？

作为首席风险官，你首先要考虑的是如何将此项目融入公司现有的投资组合之中，另外还要找出此项目与公司其他业务之间的相互关系，你还要回答当公司其他业务表现欠佳时，此项目的表现是否也会出现问题，最后你还应找出此项目在公司的其他业务上下波动时是否有减震效应。

公司为了生存及发展必须承担风险，风险管理部门的主要职责就是了解公司现有的投资组合风险以及将来的发展计划所带来的风险，并且必须判别当前持有的风险是否可以接受。如果风险不能接受，风险管理部门应提出相应的风险管理措施。

本书主要是讨论银行以及其他金融机构的风险管理方法，但本书中我们提出的很多想法以及建议也同样可用于其他行业。在过去几十年，风险管理在所有企业的管理行为中逐渐变得越来越重要，金融机构尤其发现自身必须加强对风险管理的投入。假设银行设定了较为完善的交易数据管理流程，那么诸如 1995 年巴林银行、2002 年爱尔兰联合银行及 2007 年法国兴业银行等因为“无赖交易员”所造成重大金融损失则完全可以避免。如果风险管理人员确实能做到说服公司高管避免承担那些不可接受的风险，类似花旗银行、瑞银、美林在次贷危机中的损失幅度也许可以大大降低。

本章的主要目的是为我们今后阐述的问题提供背景。在本章开头，我们将对投资人股票以及债券组合中风险回报的替换关系这一经典理论进行回顾，然后讨论这些经典理论是否也适用于对一些新项目进行判别，以及这些经典理论是否可用于管理风险头寸。在本章末，我们将给出几个原因来说明公司，特别是银行，应注重管理自身面临的整体风险，而不只是关心那些已经做到风

险分散的投资者所看到的风险。

1.1 投资人的风险回报关系

所有的基金经理都知道，一旦资金投入之后，风险和回报之间便存在一个替换关系，风险越大，可能实现的回报也会越高，事实上这种替换关系是介于风险和预期回报之间的，而并非介于风险与实际回报之间。“预期回报”一词有时会使人产生误解，在日常生活中“预期”一词通常被理解为可能会发生的事情，但统计学家将某一变量的预期定义为期望值，因此预期回报是指对投资回报的加权平均，其权重对应于这一投资回报所出现的各种可能的概率。可能的回报及相应的概率可以从历史数据中估计，或者通过主观估计。

例如，假定你用 10 万美元资金进行投资，投资期限为一年。一种可能是将所有资金投资于国债，其相应的年回报为 5%，此项投资无风险，但预期回报只有 5%；另外一种可能是将所有资金投入某只股票。为简单起见，我们用表 1-1 来显示该只股票回报的各种可能以及相对应的概率，表 1-1 中回报 +50% 事件所对应的概率为 0.05，回报 +30% 事件出现的概率为 0.25；其他不同的回报以及概率在表中均有显示。将回报记为小数形式，股票的预期回报率为

$$0.05\times0.50+0.25\times0.30+0.40\times0.10+0.25\times(-0.10)+0.05\times(-0.30)=0.10$$

这里的计算显示出当你愿意承担一定的风险时，投资的预期回报可以由投资国债的 5% 提高到 10%。如果投资一切顺利，你的回报也可能达到 +50%；但如果投资不顺利，你的回报也可能是 -30%，其相应损失为 30 000 美元。

表 1-1 某投资的回报以及相应概率

概　率	回报（%）	概　率	回报（%）
0.05	+50	0.25	-10
0.25	+30	0.05	-30
0.40	+10		

马科维茨（Markowitz，1952）是研究投资风险回报替换关系的先驱之一，后来夏普（Sharpe，1964）及其他人以马科维茨的理论为基础，进一步发展了资本资产定价模型（capital asset pricing theory）。资本资产定价模型显示了预期回报和系统风险的关系。1976 年，罗斯（Ross）发表了风险套利定价理论（arbitrage pricing theory），这一理论将资本资产定价理论中单一系统风险假设推广到多系统风险。这些颇具洞察力的理论研究成果对债券投资管理人理解以及分析风险回报关系产生了巨大影响，在下一节我们将复习这些重要理论。

1.1.1 风险量化

当你选定某一投资后，如何将所面临的风险进行量化呢？一种便捷的方式是将风险量定义为年回报的标准差，也就是

$$\sqrt{E(R^2)-[E(R)]^2}$$

式中，R 指年回报率；E 为预期符号；$E(R)$ 代表年回报率的期望值。由表 1-1 出发，我们可以算出$E(R)$为 0.1。为了计算 $E(R^2)$，我们必须以概率为权重对回报率的平方进行加权平均：

$$E(R^2)=0.05\times0.50^2+0.25\times0.30^2+0.40\times0.10^2+0.25\times(-0.10)^2+0.05\times(-0.30)^2=0.046$$

回报率的标准差为 $\sqrt{0.046-0.1^2}=0.1897$，即 18.97%。

1.1.2 投资机会

假定可以用期望值及标准差来描述完全不同的投资机会，那么我们可以用图1-1来表示具有不同风险的投资可能，其中横轴表示回报的标准差，竖轴表示预期回报。

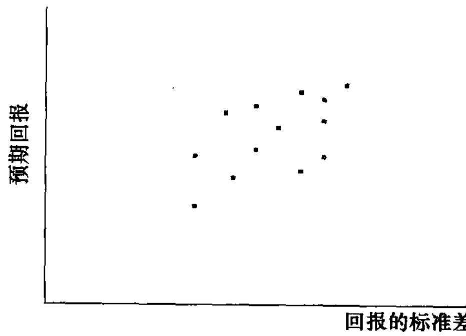


图1-1 具有不同风险的投资资产

当我们得出某些投资的标准差以及期望值后，我们自然可以想象如果将这些投资进行不同组合又会产生什么效果。假设两个投资资产的回报率为 R_1 及 R_2，如果我们按 w_1 的比例投入第1种资产，按 $w_2 = 1 - w_1$ 的比例投入第2种资产。这样所产生的投资组合的回报率为

$$w_1R_1 + w_2R_2$$

投资组合回报的期望值

$$\mu_P = w_1\mu_1 + w_2\mu_2 \qquad (1\text{-}1)$$

式中，μ_1 为第1种资产回报的期望值；μ_2 为第2种资产回报的期望值。投资组合回报的标准差为

$$\sigma_P = \sqrt{w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + 2\rho w_1 w_2 \sigma_1 \sigma_2} \qquad (1\text{-}2)$$

式中，σ_1 与 σ_2 分别为 R_1 及 R_2 的标准差；ρ 是 R_1 及 R_2 的相关系数。

假定 μ_1 为10%，σ_1 为16%，μ_2 为15%，σ_2 为24%，R_1 和 R_2 的相关系数为0.2(20%)。表1-2显示出在不同比例投资下投资组合回报的期望值以及标准差。以不同比例投资于两种资产会给投资人带来范围广泛的收益回报组合，图1-2是其图形显示。

表1-2 由两种投资资产构成的投资组合的回报期望值 μ_P 以及标准方差 σ_P

w_1	w_2	μ_P(%)	σ_P(%)	w_1	w_2	μ_P(%)	σ_P(%)
0.0	1.0	15	24.00	0.6	0.4	12	14.87
0.2	0.8	14	20.09	0.8	0.2	11	14.54
0.4	0.6	13	16.89	1.0	0.0	10	16.00

注：两种资产回报的期望值分别为10%及15%，回报的标准方差为16%及25%，两种资产回报的相关系数为0.2。

大多数投资人都厌恶风险（risk-averse）。他们在希望增加预期收益的同时也希望减少回报的标准差，体现在图1-1及图1-2中，他们希望自己的投资回报曲线朝左上方移动。从图1-2我们可以看到，对两种投资进行不同组合可以帮我们达到目的。例如，在第1种资产中投入60%的资金，而在第2种资产中投入40%的资金，这样做我们的投资回报的期望值可以达到12%，其所对应的标准差为14.87%。这种组合比只投资于第1种资产的效果要好（期望值提高了2%，而标准差降低了1.13%）。

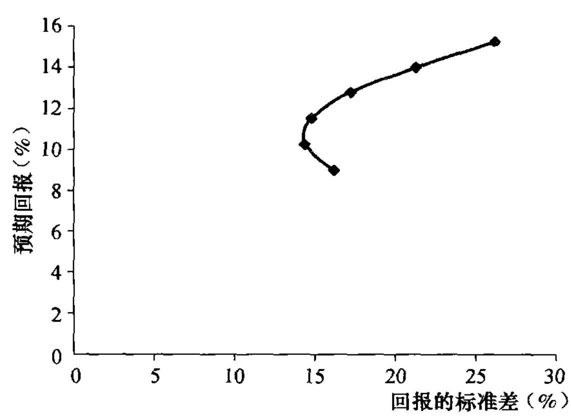


图1-2 两种资产构成的投资组合不同的风险回报

1.2 有效边界

在这里我们引入第 3 种投资资产。这种资产可同前面的两种资产进行任意组合，这样做可以进一步产生不同的风险回报组合，使我们的投资回报进一步往左上方移动。在这之后我们可再引入第 4 种资产，而第 4 种资产又可以同前面 3 种资产进行不同的组合而产生新的投资机会，我们持续这一过程，当我们考虑了所有由图 1-1 所显示的风险投资资产以后，我们就可以构造出所谓的有效边界（efficient frontier）。在图 1-3 中，有效边界是我们的回报曲线朝左上方移动的极限。对应有效边界的任意一点，我们不可能找到某种投资会比其更优化。这句话是指我们不可能找到某一资产投资回报比有效边界的点所对应的投资回报更高而同时所对应的标准差更低。图 1-3 中有效边界的右下方代表所有不同的投资可能，对应于有效边界右下方的任何一点 A，我们都可以在有效边界中找到一点并使其风险回报替换关系比所对应的点 A 的风险回报替换关系更好。

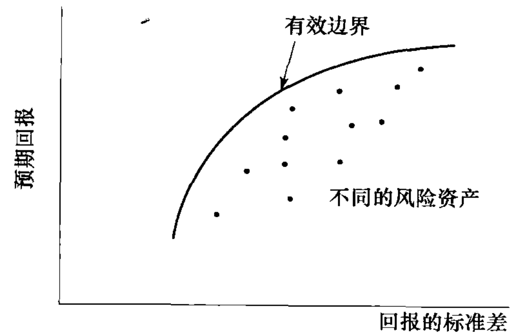


图 1-3 投资资产的有效边界

在图 1-3 中我们只考虑了具有风险的投资。如果引入所有可能的投资，那么有效边界又会变成什么样子呢？为了回答这个问题，我们首先注意到在所有的投资可能中包括无风险投资。假定无风险投资所对应的回报率为 R_F，在图 1-4 中，我们用 F 点来代表无风险投资，从 F 点开始我们引入同原有效边界相切的一条直线，M 代表切点。以下我们将要说明，直线 FM 将会是新的有效边界。

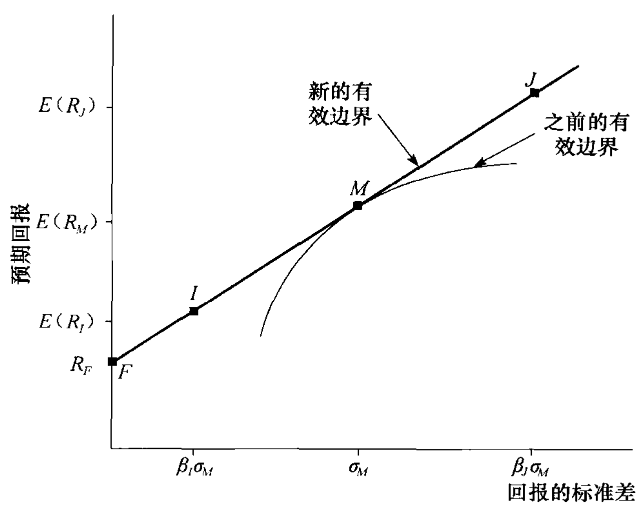


图 1-4 包含所有投资资产的有效边界

注：I 点所对应的投资是由投入百分比为 β_I 数量的资金在投资组合 M 中和 $1-\beta_I$ 数量的无风险资产所组成。J 点所对应的投资是以无风险利率借入的 β_J-1 数量资金，然后将所有资金（拥有的和借入的）全部投入投资组合 M 中所组成。

如果将占整体资金百分比 $\beta_I(0<\beta_I<1)$ 的资金投入风险投资组合 M，然后将其他所有资金投放于无风险资产之中，这样做会带来什么效果呢？由式（1-1）所示，我们进行这样的组合之后，

投资组合回报的期望值 $E(R_I)$ 由下式给出

$$E(R_I) = (1-\beta_I)R_F + \beta_I E(R_M)$$

由式（1-2），我们得出投资组合回报的标准差为 $\beta_I\sigma_M$ ⊖，这里 σ_M 代表投资组合 M 的标准差。在图 1-4 中，我们用 I 点来代表以上表达式所阐明的风险回报关系，以回报期望以及标准差两方面来看，点 I 与点 F 的距离和点 M 与点 F 的距离的比例为 β_I。直线 FM 上的所有点均可以由投放一定数量资金于 M 投资组合以及一定数量资金于无风险资产 F 来取得，此直线上任意一点所对应的风险回报关系要优于我们之前所讨论的有效边界上的风险回报关系，直线 FM 也因此成为新的有效边界。

如果假定可以按利率 R_F 借入及借出资金，我们因此可以构造出从点 F 至点 M 以至于超出 M 点的射线。假定我们的目的是构造出由图 1-4 中 J 点所表示的组合投资，J 点至 F 点的距离是 M 点至 F 点距离的 $\beta_J(\beta_J>1)$ 倍。我们首先借入 β_J-1 数量的资产，然后将所有资产投放入点 M 投资组合之中。去掉应付利息之后，新的投资组合 J 所对应的回报的期望值为

$$E(R_J) = \beta_J E(R_M) - (\beta_J - 1)R_F$$

J 点的标准差为 $\beta_J\sigma_M$。这样我们清楚地展示了 J 点所对应的风险回报关系。

这里的讨论说明：当引入无风险投资后，有效边界变成一条直线。换句话说，在由图 1-4 所示的有效边界上，预期回报与标准差之间一定有一种线性的替换关系。所有的投资人都应选择同样的风险性资产，即 M 点所对应的投资组合，然后将风险性资产与借入或借出的无风险资金进行不同比例的组合来体现他们的风险胃口。

现在要简要说明一下投资组合 M 必须包含所有可能的风险投资资产。假设某个特殊的投资资产没有包含于投资组合 M 中，这样就会造成没有投资人持有这一资产，其价格会下跌，其预期回报会增加，最终成为组合的一部分。我们还可以进一步说明，为了保证每个投资资产的供需关系，每个风险投资资产的价格会得到调整，因此组合 M 中的各个风险资产数量必须同整个经济中所有可能投资资产成一定比例，这样的投资组合 M 通常被称为市场投资组合（market portfolio）。

1.3 资本资产定价模型

当投资人投资于某些资产，他们如何判定自己需要的预期回报呢？我们以上的分析说明，市场投资组合会起决定性的作用，投资人对于某资产回报所需要的预期回报在一定程度上要反映该资产对市场投资组合风险的奉献量。

一种较常用的方式是以投资资产的回报及市场投资组合回报的历史数据来得出某种最佳线性回归关系。这种线性回归关系式可表达为

$$R = a + \beta R_M + \varepsilon \qquad (1\text{-}3)$$

式中，R 代表投资资产的回报，R_M 代表市场投资组合的回报，a 和 β 都是常数，ε 是指回归误差，ε 项为随机变量。

式（1-3）显示，除了常数项 a 以外，资产回报由两部分组成。

（1）一部分对应于 βR_M，此项为市场投资组合回报的某种倍数。

（2）另一部分对应于 ε，此项与市场投资组合的回报无关。

这里第一部分被称为系统风险（systematic risk），而第二部分被称为非系统风险（nonsystematic

⊖ R_F 是无风险利率，为常数，$E(R_F)=R_F$，$\sigma_F=0$。——译者注

risk)。

首先让我们考虑非系统风险。如果我们假定对应于不同投资资产的 ε 项相互独立，在大型投资组合中，非系统风险几乎被分散殆尽，投资人因此应该不关心非系统风险，也就是说投资人不应该因承担非系统风险而索取高于无风险利率的回报。

系统风险是投资人应该关心的内容，当持有一个大型而风险分散均衡的投资组合时，由 βR_M 表示的系统风险并没有消失，因此承担这一系统风险的投资人应索取补偿。

由图 1-4，我们可以看到预期回报与系统风险之间的关系，$\beta=0$ 对应于无系统风险，其所对应的投资回报为 R_F。当 $\beta=1$ 时，投资资产的回报与图 1-4 中 M 点对应，此时的预期回报为 $E(R_M)$。一般来讲，我们有关系式

$$E(R) = R_F + \beta[E(R_M) - R_F] \tag{1-4}$$

式（1-4）就是所谓的资本资产定价模型（capital asset pricing model)，这一公式说明，某投资的期望值超出无风险投资回报的数量等于市场投资资产组合回报期望值超出无风险投资回报的数量与 β 的乘积。图 1-5 中显示了这一关系式。参数 β 被称为投资的 β 系数。

例 1-1

假定无风险投资利率为5%，市场投资的预期回报率为10%。如果一项投资的 β 为0，那么该投资的预期回报为5%，这是因为投资中的风险可以被完全分散；如果一项投资的 β 为0.5，那么该投资的预期回报为

$$0.05 + 0.5 \times (0.1 - 0.05) = 0.075$$

即7.5%；如果一项投资的 β 为1.2，那么该投资的预期回报为

$$0.05 + 1.2 \times (0.1 - 0.05) = 0.11$$

即11%。

系数 β 被称为投资组合的贝塔系数，等于 $\rho\sigma/\sigma_M$，其中 ρ 是投资资产与市场投资组合的相关系数，σ 是指投资资产回报的标准差，σ_M 是市场投资组合回报的标准差，贝塔系数体现了投资组合对于市场投资组合的敏感性，我们可以用式（1-3）来定义任何一种投资组合的贝塔系数，而资本资产定价模型式（1-4）中对应于这一投资组合的回报率是 R。在图 1-4 中，由 M 点所代表的市场投资的贝塔系数为1.0，由 F 点所代表的无风险投资的贝塔系数为0，而由 I 和 J 表示的投资资产的贝塔系数分别为 β_I 及 β_J。

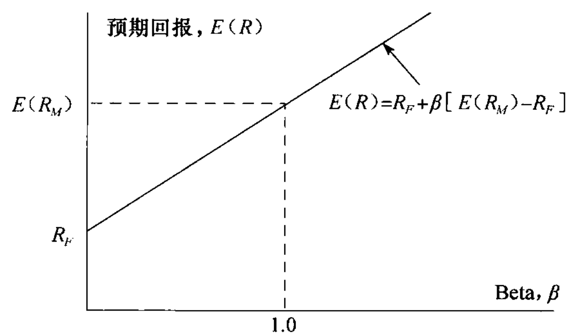


图 1-5 资本资产定价模型

1.3.1 假设

以上分析带给我们一个惊人的结论，那就是所有的投资人均想持有一个同样的资产组合（即图 1-4 中 M 所表示的资产组合），这一结论显然不成立。如果以上结论成立，投资人相互之间不会再进行交易，市场也会停止运作！在实际中，不同的投资人对于股票及其他风险投资产品有着不同的看法，正因为如此，投资人之间才相互进行交易，从而促成了市场价格的产生。

在以上分析中，我们采用了多个隐含假设，这些假设造成了其得出的结论与现实市场有所出入。假设包括以下 6 个方面。

（1）我们假设投资者只关心他们投资组合回报的期望值及标准差，换句话讲，投资人只关心回报分布中的前两阶矩（first two moments)。如果回报服从正态分布，投资人这么做确实合理，但

是，我们知道许多投资组合的回报并非服从正态分布。事实上，许多投资组合的分布具有偏度（skewness）以及超额峰度（excess kurtosis）特性。偏度与分布的第3阶矩有关；峰度与分布的第4阶矩有关。与正态分布相比，具有正偏度的分布会产生更多的高回报和更少的低回报；具有负偏度的分布会产生更多的低回报和更少的高回报。超额峰度分布产生高回报和低回报的机会均会多于正态分布。许多投资人对出现极端负回报的可能性会非常担心，他们更愿意在具有负偏度或具有超额峰度的投资组合里得到更高的预期回报。

（2）我们假定在式（1-3）中对应于不同投资的 ε 项相互独立，这等价于投资回报的相关性完全取决于投资本身与市场组合的相关性，这一假设显然不成立。福特和通用汽车公司同属于汽车行业，两家公司股票会有一定的相关性，这一相关性并非来自于它们与市场的相关性。以上讨论说明对应于不同投资的 ε 项并非相互独立。

（3）我们假定投资人只关心某一特定时段的投资回报，而且我们假定不同投资人所选定的时段均相同，这一假设显然不成立。有些投资人（例如养老基金）的投资期限很长，有些投资人（例如当日交易者（day trader））的投资期限很短。

（4）我们假定投资人可以同时以相同的无风险利率借入或借出资金，在正常的市场条件下，对于信誉好的大型金融机构而言，以上假设近似成立；但对于小投资者而言，这一假设不成立。

（5）我们在分析中不考虑税收。我们知道，某些地区对资本收益（capital gain）的税收处理不同于对股息和其他收入的税收处理，而某些投资产品会有特殊的税收优惠；还有，并非所有的投资人均会受制于同一税率。在实际中，投资人进行投资会将税收考虑在内。对免税的养老基金适用的投资可能并不适用于需要支付很高税率的某纽约居民；这一说法反过来也成立。

（6）最后，我们假定所有投资人对任意给定的投资资产回报的期望值、标准差的估算，以及对投资产品之间的相关系数的估算相同。换句话讲，我们假定投资人具有一致性预期（homogeneous expection），这显然不成立。事实上，正如以上讨论所示，在一致性预期的世界里不会出现交易行为。

即使如此，资本资产定价模型已经被证明是管理人员进行投资组合管理强有力的管理工具。关于股票的贝塔估计已经非常容易取得，同时由资本资产定价模型所计算出的投资期望值通常被管理人员用来当做检验投资好坏的标准，我们接下来将进一步解释。

1.3.2 阿尔法

当我们在市场上观察到 R_M 的一个回报，我们对一项贝塔值等于 β 的资产组合的预期为多少？资本资产定价模型将资产组合的预期回报与市场预期回报联系在一起，同时模型也将资产组合的预期回报与市场的真实回报联系到一起

$$E(R_P) = R_F + \beta(R_M - R_F)$$

式中，R_F 为无风险利率，R_P 为资产组合的回报。

例1-2

考虑一个贝塔为0.6的资产组合，无风险利率为4%。当市场回报为20%时，资产组合的预期回报为

$$0.04 + 0.6 \times (0.2 - 0.04) = 0.136$$

即13.6%；当市场回报为10%时，资产组合的预期回报为

$$0.04 + 0.6 \times (0.1 - 0.04) = 0.076$$

即7.6%。当市场回报为 -10%时，资产组合的预期回报为

$$0.04 + 0.6 \times (-0.1 - 0.04) = -0.044$$

即 -4.4%。投资组合的预期回报与市场回报的关系如图1-6所示。

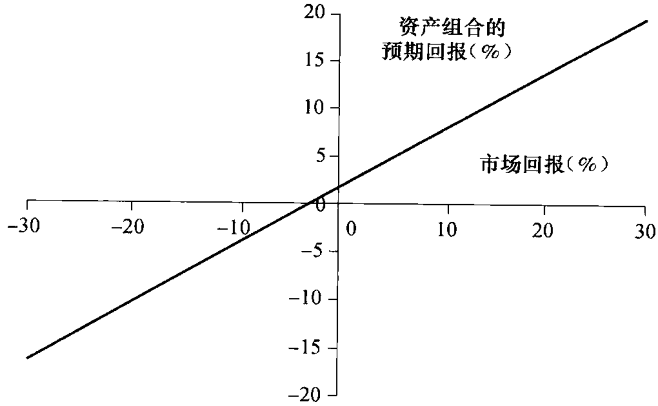


图 1-6 组合的预期回报与市场真实回报的关系

注：组合的贝塔值为0.6，无风险利率为4%。

假定投资组合的真实回报大于预期回报，即

$$R_P > R_F + \beta(R_M - R_F)$$

我们可以说，对于一定数量的系统风险而言，资产组合经理产生了更为突出的回报，而额外回报量为

$$\alpha = R_P - R_F - \beta(R_M - R_F)$$

该额外回报通常被称为由资产组合经理产生的阿尔法。

例 1-3

某资产组合的贝塔为0.8，无风险利率为5%，市场一年的回报为7%，资产组合经理回报为9%，该经理产生的阿尔法为

$$\alpha = 0.09 - 0.05 - 0.8 \times (0.07 - 0.05) = 0.024$$

即2.4%。

投资组合经理会不断地努力来产生正的阿尔法，其中一种做法是寻找比市场表现更好的股票，另一种方法是市场择时（market timing），这一做法涉及对市场变化做出预测，当预计市场上涨时，投资经理会将资金从保守的国债投资中转移到股票市场；当预计市场下跌时，投资经理会将资金从股票市场转移到保守的国债投资中。在第 4 章，我们解释了对冲基金生成正的阿尔法的投资策略。

虽然资本资产定价模型采用了一些简化的假设，由模型产生的阿尔法和贝塔参数被广泛应用于描述投资的特性。贝塔描述了由于承担系统风险取得的回报，贝塔值越高，资产组合所承担的系统风险也越高，回报中有更多的成分取决于市场回报；阿尔法代表资产组合管理得当（或者是因为运气好）所带来的额外回报，一个投资人取得正的阿尔法一定是建立在另一个投资人取得负的阿尔法的代价之上，所有投资人的阿尔法的加权平均为零。

1.4 套利定价理论

套利定价理论（arbitrage pricing theory）可以看做是对资本资产定价模型的推广。在套利定价理论中，投资人的回报被假设为取决于多种因素（这些因素可能是国民生产总值、国内利率以及通货膨胀率）。通过构造与这些因素风险呈中性的投资组合，套利定价理论展示投资资产的预期

回报同这些因素成某种线性关系。

式（1-3）中的投资资产的 ε 项相互独立这一假设，说明了资本资产定价模型中的单一因素决定投资的预期回报（因此也就只有一个系统风险因素），这一因素就是市场投资组合的回报。在套利定价理论中有多种因素决定投资的回报，这些多种因素中的任何一项只决定了某一个系统风险，套利定价理论中的非系统风险（即可分散的风险）是与以上多种因素无关的风险。

1.5　公司的风险及回报

我们现在进一步考虑某一公司的风险回报替换关系。一个公司如何来判别某项投资所带来的回报可以足够补偿其带来的风险呢？

一个公司的最终拥有者是其股东，一个公司的管理目的应从股东的利益出发。一个新的项目可以被理解为在股东资产组合之上的叠加，一个公司应该计算某项投资的贝塔系数及其预期回报，如果某项投资的预期回报高于由资本资产定价模型所决定的预期回报，那么此项投资会给股东带来好处，因此此项投资可以被接受；否则此项投资应该被否决。

这一观点说明，是否接受某种投资时，非系统风险因素不应该在考虑之列。在实践中，公司应既考虑系统风险又考虑非系统风险。例如，大多数公司会担心其公司大楼是否被大火毁灭，即使这种风险可以被股东通过分散投资而得以缓解。股东为了回避高风险，会对他们所面临的汇率、利率、商品价格及其他市场因素所带来的风险进行对冲。收益的稳定性、公司的生存能力都是公司管理的目标，公司在运作过程中会尝试新的业务，并试图保证新业务的预期回报与股东既定的风险回报关系一致，但无论如何承受的风险量不能过大。

大多数投资人对他们所投资公司的整体风险的大小也会关心。投资人不喜欢被惊吓，他们喜欢将资金投放于有强劲增长并能达到预期目标的公司，投放于那些能够小心管理及控制自己面临的包括系统风险及非系统风险等整体风险的公司。

1.1 节至 1.4 节中的理论结果指出的投资人的行为应同以上的讨论截然不同。投资人应该鼓励，当预期回报同系统风险的替换关系对于公司来说可以接受时，公司应尽可能投资于高风险项目。在投资人的投资组合中，某些公司会破产，某些公司会生存得很好，对投资人来讲，投资的最终目的是保证整体回报的优良。

投资人的行为有时会不追求最佳结果吗？由于投资人有分散风险的需要，公司承担更多的非系统风险是否会给投资人带来更多的好处呢？一个著名的理论指出事实并非如此，这种理论被称为“破产成本”（bankruptcy cost）理论。这一理论不但可以用于解释一个公司为什么会约束自己所发行的债券量，而且也可以延伸到整个风险领域。

破产成本

在一个完美的世界里，破产应该是一件非常简捷的事，公司的有形及无形资产都以一个公平的市场价格被出售，所得的资金会在一个完善的规则之下于债券持有者、股权持有者及其他公司权益持有者之间进行分配。如果我们生活在这样完美的世界中，破产应不会有损股东的价值，不幸的是我们生活的世界并非完美，破产过程会触发破产成本。

破产成本的实质是什么呢？当一个公司宣布破产时，公司的顾客及供应商不再愿意同公司进行业务接触；公司资产不得不以低于破产前的价格被出售；公司的无形资产，如公司的商标价值及市场声誉均受到损害；公司已经不能在保护股东利益的前提下运作，此时公司往往要付出大量的手续费给会计及律师；公司的厄运接连不断。虽然业界事例 1-1 中所讲的故事是虚构的，但其代表性同实

际生活相差并不太远，这一事例显示，高风险决策的失败给公司带来的后果可能是毁灭性的。

业界事例 1-1

隐含的破产成本

几年前某一公司拥有市价为 20 亿元的资本金，同时其发行债券总数为5 亿美元。公司总裁决定以 10 亿美元现金买入一公司，这里的现金由银行贷款及发行债券的融资所组成。买入此公司的价格与其市场价格相近，同时买入价格体现了在成交时买入公司的预期回报及市场的系统风险。但是，那些关键的对公司盈利会带来威胁的因素被忽略了。

此后，此项交易的许多促成因素都没有得以实现，买入的业务没有盈利。3 年后公司 CEO 被迫辞职。公司新任 CEO 以 1 亿美元（原价格的 10%）卖出了此项投资，同时公司也宣布其业务将集中于某中心业务，此时公司的债务比率大大提高。经济周期中一个暂时下滑就促成了公司不能偿还债务，公司宣布破产。

此时公司里充斥了大量的形形色色的会计师及律师，这些人代表不同人（像贷款银行、不同证券持有人、股东、公司及公司董事会）的利益。这些会计师及律师给公司带来了每月大约 1 000 万美元的费用，此时因无人愿意同破产公司进行业务往来，公司丧失了销售能力，公司的其他主要高管也辞职了，公司的股票价格暴跌。

两年又过去了，经过 3 次改组，公司终于在诸多参与者之间达成一项协议，一个新的市价为 70 万美元的公司得以成立，新公司将继续经营其盈利业务，此时新公司的拥有者为贷款银行及债券持有人，原公司的股东利益损失殆尽。

我们前面指出，公司的生存是公司管理的一个主要目标，权益持有人不希望公司本身承担过多的风险，现在我们明白了这么做的原因。国与国之间的破产法可以相去甚远，但这些法律的共同效果是：在保证其贷款及债券受益人得到补偿时，对公司股东的利益进行了破坏。股东的价值建立在多年的艰苦奋斗之上，尽量减少破坏股东价值事件产生的概率，并使得公司以股东的利益为根本目的来运作非常合乎情理，管理人员为达到这样的目的就应该控制公司本身面临的系统及非系统风险。

当一个新的项目在酝酿之中时，决策人关键要考虑新项目是否同公司的其他风险相匹配。一个相对较小的投资可能会有减少整体风险的效果，而一个大的投资可能会大大地增加整体风险，许多投机型公司的失败（如业界事例 1-1 所示）往往可以归咎于公司最高决策人一个大的（即杠杆效应较强）并购决策的失误。

1.6 金融机构的风险管理

本书以下内容大部分是关于银行和保险公司这样的金融机构。类似于其他企业，金融机构要保证给投资人提供一个良好的系统风险与回报的平衡，同时，金融机构还要关注自身面临的整体风险（系统风险和非系统风险），这一点也与其他企业类似。原因在于以上讨论的破产风险对金融机构也适用。金融机构关注整体风险还有另外一个原因，那就是监管人员要求金融机构必须关注整体风险。

与其他企业不同，金融机构要接受严格监管。世界上任何一家政府都希望自身有一个稳健的金融体系，个人和企业对与其进行业务往来的银行和保险公司持有信心，这一点非常重要。监管条款的设计要确保银行和保险公司遭遇财务困难的几率很小，2008 年美国政府对金融机构的解救说明了政府非常不情愿让金融机构解体。

当然，破产是由于损失的出现。监管人员想确保银行持有的用于缓冲损失的资本金达到一定水平，以使得在一定的高概率下资本金完全可以应付损失。例如，假定金融机构在一年内出现损失数量超出20亿美元的概率为0.1%，监管人员也许会要求银行持有20亿美元的股权资本金，这样会保证股权资本可以承担损失的概率为99.9%。在今后的章节我们将讨论监管人员所采用的模型。

监管人员最关心的是整体风险，而不仅仅是系统风险。监管人员的最终目标是确保破产事件不会发生。

如何管理风险

对银行（及其他机构）来讲有两种风险管理战略手段：第一种战略手段是对每一种风险进行识别，然后对各类风险单独管理，这种管理方式有时被称为风险分解（risk decomposition）；第二种战略手段是用多元化的方式来缓解风险，这种方式有时被称为风险聚集（risk aggregation）。在实践中，银行采用这两种方式来管理以下将要讨论的市场风险与信用风险。

作为实例，我们考虑一家美国银行交易所面临的市场风险。市场风险起源于多个市场变量（利率、汇率、股价）将来变化的不定性。为了实施风险分解模式，交易平台会指定交易员来管理某一特殊市场变量（或一定小数量的市场变量）。例如，交易平台可能指定一个交易员（或一组交易员）来管理所有美元/日元汇率交易，在每个交易日结束时，交易员要保证相关的交易额度在事先由银行设定的额度之内。在一天的交易即将结束时，交易员如果发现某个或多个交易额度将超出银行规定，交易员或要取得批准来持有当前头寸，或进行新的对冲交易来减持头寸以保证额度要求（在第6章，我们将讨论交易员计算风险额度的方法）。

风险管理人员在银行的中台（middle office）对市场风险实施风险聚集管理，管理过程涉及在每天结束时将银行市场风险进行汇总，来计算银行所面临的由于市场变动所触发的整体风险。对风险汇总后，银行希望自身所面临的风险已被有效分解，并希望自身面临的市场风险足够小。当风险量的幅度达到不可接受的程度时，银行必须找出根源并采取相应措施。我们将在第8章、第12章及第13章讨论风险汇总计算模型。

风险聚集管理模式是保险公司采用的重要管理工具。考虑给某提供汽车保险的保险公司，单一保单所对应的赔偿数量具有不确定性，但是，保险公司可以做到在一定的精度下对10 000个保单的整体赔偿进行预测。

信用风险的传统管理方式是对信用组合进行多元化管理（也就是风险聚集），如果银行将其40%的资金借给某单一借贷人，这样做会导致风险没有分散，其后果是银行将面临巨大风险。当借贷人的自身财务状况出现问题以至于不能支付贷款利息及本金时，银行可能会解体。

当银行选择另外一个多元化的政策，例如，将0.01%的资金分别借给10 000个不同的借贷人时，银行会处于一个相对更为安全的位置。假设在某一年，借贷人的违约概率为1%，这样在每一年我们将看到大约有100个信贷人违约，而由此所造成的损失会被其他99%的贷款盈利弥补。为增加风险分散的效果，银行应在不同的地区及不同的行业选择借贷人，一个在全球范围有不同借贷人的国际性银行比一个只在得克萨斯州（Texas）对石油公司进行放贷的区域性银行的风险分散性要好。当然无论如何分散风险，银行仍然不能完全消除系统风险，该风险可能是由于经济萧条触发，系统风险会造成所有贷款人违约率的增加。

从20世纪90年代后期开始，我们看到信用衍生产品市场的勃然兴起，信用衍生产品可以使得银行对信用风险一一化解（风险分解），这使得银行的信用风险管理可以不只局限于风险聚集的方式，衍生产品市场也给银行提供了宏观经济中整体违约的保护产品。但是，对应每个信用买

入方，总会有一个卖出方。许多信用保护的卖出方（无论是单一或资产组合）在2007年的信用紧缩中均蒙受巨大损失，我们将在第14章和第16章中讨论信用衍生产品及信用紧缩。

1.7 小结

金融理论中一个非常重要的原则是风险与回报有一种替换关系，要取得高回报通常要以承担高风险作为代价。投资人从理论上讲不应担心那些可以被分散的风险，对那些不可以被分散的系统风险，投资人应索取额外的回报。

对公司来讲，投资过程更为复杂，与单一投资人相比，公司通常不能将其投资实现多元化，这样一来，其自我生存问题就成了公司重要的管理目标。公司对其融资及投资的决定都应以减小产生巨大金融危机的可能性为前提。公司的财务危机会触发破产成本，这些成本在破产过程中会自然而然地产生，破产成本会有损股东的价值，这些破产成本建立在破产不利事件而触发的减值之上。

管理风险的两个重要手段是风险分解及风险聚集（集中）。风险分解将风险一一分解，并针对单一风险进行管理，风险聚集借助于多元化的效果达到减少风险的目的。银行采用以上两种方式来管理市场风险。管理信用风险传统上是采用风险聚集的方式，但随着信用衍生产品的发展，风险分解的方式也逐渐用于信用风险管理过程。

推荐阅读

Markowitz, H. " Portfolio Selection, " *Journal of Finance*, 7, 1(March 1952): 77 -91.

Ross, S. " The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing, " *Journal of Economic Theory*, 13, 3 (December 1976): 341 -360.

Sharpe, W. "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium, "*Journal of Finance*, 19, 3(September 1964): 425 -442.

Smith, C. W., and R. M. Stulz, "The Determinants of a Firm's Hedging Policy, " *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 20(1985): 391 -406.

Stulz, R. M., *Risk Management and Derivatives*. Southwestern, 2003.

练习题[⊖]

1.1 某项投资具有不同的回报率，分别为40%，30%，15%，-5%，-15%；其对应的概率分别为0.1，0.2，0.35，0.25及0.1。这一投资所对应的期望值及标准差为多少？

1.2 假定某两项投资的回报及所对应的概率如练习题1.1所示，两项投资的相关系数为0.15，将资金均等地分别投入两项投资后所产生的组合投资资产的预期回报及标准差为多少？

1.3 两项投资如图1-2及表1-2所示，对于以下列举的相关系数，计算风险回报的不同组合关系：(a) 0.3；(b) 1.0；(c) -1.0。

1.4 系统风险与非系统风险有何区别？对投资人来讲哪一项更为重要，此两项风险中哪一项会触发企业破产成本。

1.5 投资人选择相同市场投资组合的主要理论依据及假设前提是什么？

1.6 某一投资组合的预期回报为12%，无风险

⊖ 本书各章练习题答案均在书后。

投资回报率为6%，投资的贝塔系数分别为：(a) 0.2；(b) 0.5；(c) 1.4。其所对应的预期回报分别为多少？

1.7 “套利定价理论”是资本资产定价理论的延伸，请解释这一观点。

1.8 一个公司所采用的资本结构取决于破产成本和债券所带来的税率优势的替换关系，请解释这一观点。

1.9 风险分解和风险聚集管理方法的含义是什么？哪一种方法需要对单一风险深入了解？哪一种方法需要风险相关性的详细信息？

1.10 一个银行操作风险的起因包括雇员诈骗、自然灾害、诉讼费用等。管理操作风险最好采取风险分解还是风险聚集方式（操作风险在第18章中会有所讨论）？

1.11 一个银行在下一年盈利的回报服从正态分布。回报期望值为整体资产的0.6%，而标准差为整体资产的1.5%。银行的权益资本占整体资产的4%，在忽略税收的情况下，银行在下一年仍有正的权益资本的概率为多大？

1.12 为什么对银行监管要保证银行不能承担过多风险，而对其他行业公司（例如制造业和零售业）中没有此项要求？

1.13 请列举业界事例1-1中的破产成本。

1.14 去年的市场回报为10%，无风险利率为5%，某对冲基金资产组合贝塔为0.6，阿尔法为4%。对冲基金经理的回报为多少？

作业题

1.15 假定某一投资的预期回报为8%，标准差为14%；另一投资的预期回报为12%，标准差为20%。两项投资相关系数为0.3。请构造一个类似表1-2的风险回报组合情形表。

1.16 市场的预期回报为12%，无风险利率为7%，市场回报的标准差为15%。一个投资人在有效边界上构造了一个资产组合，预期回报为10%；另外一个投资人在有效边界上构造了另外一个资产组合，预期回报为20%。两个资产组合的标准差各为多少？

1.17 一家银行在下一年的盈利服从正态分布，其期望值及标准差分别为资产的0.8%及2%。对应于在(a)99%及(b)99.9%置信度下股权资本为正的当前资本金持有率（以资产作为基地）分别为多少？（在分析中忽略税收。）

1.18 一个资产组合经理主动地管理某资产组合，资产组合的贝塔系数为0.2。去年，无风险利率为5%，主要股指的表现都很差，回报大约为-30%。资产组合经理的回报为-10%，资产组合经理自称在这样的市场条件下，自身表现很好。请对资产组合经理的观点进行讨论。

CHAPTER 2

第2章

银　行

银行一词源于意大利语“banco”，其含义是指几百年前意大利佛罗伦萨银行家们所用的覆盖了绿色桌布的桌子或长凳。银行的传统角色是承接存款并进行放贷，贷款的利息大于存款的利息，两个利息差额用于支付管理费用以及贷款损失（即贷款借入方不能偿还利息和本金所触发的费用），同时利息差额也用于满足本金回报。

今天多数大型银行既参与商业银行业务也参与投资银行业务。商业银行业务包括以上提及的承接存款、发放贷款以及一些其他基本业务；投资银行业务包括帮助企业客户发行证券和股票、为企业并购提供咨询以及其他融资业务。大型银行一般还参与证券交易业务（例如，提供经纪服务）。

商业银行业务可划分为“批发银行业务”（wholesale banking）及“零售银行业务”（retail banking)。顾名思义，零售银行业务涉及从个人或小企业客户中承接小额存款，并同时向这些客户发放贷款；批发银行业务涉及向大中型客户提供银行服务。批发银行业中的存、贷款量远大于零售银行业中的存、贷款量。有时某些银行完全通过在金融市场的拆借来支撑自身的批发及零售银行业务。

批发银行贷款利率与资产费用率的溢差通常比零售银行的溢差要低，但这一不利条件常常被低费用而弥补（比较相同数量的批发银行贷款和零售银行贷款，我们通常会发现批发银行贷款的预期亏损及管理费用要低很多)。那些主要依赖批发银行业务并同时通过金融市场拆借来支撑其运作的银行被称为货币中心银行（money center bank)。

本章我们将讨论在过去一百年中商业银行及投资银行的进化过程，我们将讨论银行的监管方式、银行面临的各种风险以及为损失提供缓冲的资本金的关键作用。

2.1　商业银行

几乎世界上所有国家都设定了严格的银行管理规定，这是因为多数国家的政府都认为无论是个人或者企业都应该对自身银行系统持有信心。监管人员涉及的监管事务包括：银行必须持有的

资本金数量、银行所能参与的业务范围、存款保险、并购范围及外国拥有权范围等。20 世纪的银行监管特性影响了许多国家的商业银行结构，为了说明这一点，我们将以美国为例。

美国的特点是其银行数量巨大（2007 年共有 7 450 家）。与那些具有小数量的国家相比，美国的银行支付系统相对复杂。美国有一些大规模的货币中心银行，比如花旗银行以及摩根大通；美国也具有数百家地区性银行，其业务形式综合零售和批发；另外美国有数千家社区银行，其业务形式主要是零售。

表 2-1 综述了美国在 1984 年及 2007 年的银行分布情况。其间美国银行的数量下降了近 50%。与 1984 年相比，2007 年，小规模社区银行数量有所减少，而大规模银行数量有所增加。虽然在 2007 年资产超过 100 亿美元的银行只有 87 家（占整体数量的 1.2%），但这些银行持有的资产占整个银行系统的 76.4%。

表 2-1 美国银行在 1984 年及 2007 年的分布

规模（资产）	1984				规模（资产）	2007			
	数量	数量比率（%）	资产	资产比率（%）		数量	数量比率（%）	资产	资产比率（%）
1 亿美元以下	12 044	83.2	404.2	16.1	1 亿美元以下	3 331	44.7	173.9	1.8
1 亿美元与 10 亿美元之间	2 161	14.9	513.9	20.5	1 亿美元与 10 亿美元之间	3 631	48.7	1 031.9	10.6
10 亿美元与 100 亿美元之间	254	1.7	725.9	28.9	10 亿美元与 100 亿美元之间	401	5.4	1 095.3	11.2
100 亿美元以上	24	0.2	864.8	34.5	100 亿美元以上	87	1.2	7 461.3	76.4
汇总	14 483		2 508.9		汇总	7 450		9 765.4	

资料来源：FDIC Quarterly Banking Profile, www.fdic.gov.

美国银行系统结构主要是源于监管条约中关于跨州经营的规定。20 世纪初期，大部分美国银行只开设一个给客户提供服务的分行，而其他许多银行纷纷增开分行以保证更好地为客户提供服务。这样做受到两种不同的阻力，首先那些只有单一分行的小银行担心自身会失去市场份额；另外，那些大的货币中心银行担心因多个分行将会提供支票清算（check-clearing）及其他付款服务，从而会降低它们从这些业务获得的盈利。以上阻力最终对社区银行的扩展产生了压力，随之，若干个州通过了法律，限定银行在一个州内只能开设一家分行。

《麦克法登法》（McFadden Act）在 1927 年通过，并在 1933 年得到修正。这一法令限定所有银行在一个州内只能开一家分行，该法令适用于全美注册及州际注册的银行。一种绕过《麦克法登法》的做法是成立多银行持股公司（multibank holding company），即成立公司将多家银行作为子公司。截止到 1956 年，美国共有 47 家多银行持股公司，这导致后来通过了关于银行持股公司法令的《道格拉斯修正案》（Douglas Amendment）。这一修正案不允许多银行持股公司在对州外并购（out-of-state acquisition）有限制的州内买入银行，但是 1956 年前的并购仍然有效（也就是说，多银行持股公司并不一定要将 1956 年前并购的公司进行剥离）。

银行在试图摆脱监管限制方面很有创造力，当有利可图时，这一创造力表现得尤其明显。1956 年后，一种做法是成立一家银行持股公司，这家公司只将一家银行作为子公司，而在其他州成立非银行子公司，这些非银行子公司提供金融服务，包括客户融资、数据处理、租赁等业务，这么做的实际效果是在其他州也实现了银行的存在。

1970 年的《银行持股公司法》（Bank Holding Companies Act）对单一控股银行的行为实行了限制。在这一法令下，持股银行只允许从事那些与银行业务密切相关的业务活动，持股银行买入其他公司一定要经过美联储的批准，持股公司必须在 1980 年前对那些不符合法令的子公司进行剥离。

1970年后，对于跨州银行之间的限制逐渐消失。不同的州纷纷通过法律允许其他州的银行进入并买入本地银行（1978年缅因州首先通过了这样的法令）。有些其他州允许其他银行自由进入，而有些州允许其他州的银行进入，但条件是其他州也制定了互惠协定（即如果州B的银行可以进入州A，那么州A的银行也可以进入州B）。在某些情况下，某些州联合起来以群体形式将跨州银行业务合法化。

1994年美国国会通过了《里格尔－尼尔州际银行及分行效率法》（Riegel-Neal Interstate Banking and Branching Efficiency Act），将全面跨州银行变成了现实，该法令允许银行持股公司在其他州买入分行，并废除了以前的州际互惠协定及地区性法令。从1997年开始，银行持股公司可以将本州外的银行分公司转为在同一银行下的分行，许多人认为这种合并方式对于美国银行能够在全球范围内竞争十分必要。《里格尔－尼尔州际银行及分行效率法》为美国银行的合并潮提供了基础（例如，摩根银行买入化学银行（Chemical Bank）、大通银行、贝尔斯登以及华盛顿互惠银行）。

2.2 小型商业银行的资本金要求

为了说明资本金在银行业务中的作用，在这里我们假想出一个名叫DLC（Deposits and Loans Corporation）的银行，DLC只经营传统的存贷款业务。表2-2是银行2009年年末的资产负债表，表2-3是银行2009年的收入报告。

表2-2 DLC银行2009年年末资产负债表
（以100万美元计）

资产		负债及净价值	
现金	5	存款	90
有价证券	10	长期次优先级债券	5
贷款	80	股权资本	5
固定资产	5		
汇总	100	汇总	100

表2-3 DLC银行2009年收入报告
（以100万美元计）

资产	负债及净价值（%）
净利息收入	3.00
贷款损失	(0.80)
非利息收入	0.90
非利息费用	(2.50)
税前运作收入	0.60

表2-2显示这家银行有1亿美元的资产，其中大部分（占80%）是银行发放给私人及小型企业的贷款。现金及有价证券占总资产的15%，另外5%的资产由一些固定资产（建筑、设备等）组成。DLC 90%支撑资产的负债资金来源于多种形式的客户及业务伙伴的存款，另外5%的资金来源于长期次优先级债券（这种债券由银行发行，其破产优先级低于银行吸收的存款），最后5%的资金来源于股东拥有的股票融资，股权资本由股东的最初现金投资及银行的留存收益（retained earning）组成。

现在让我们考虑表2-3所示的利润表，表中第一项收入为净利息收入，此项收入为利息收入与利息费用的差，这项收入占整体资产的3%。管理利息收入并在不同利息环境下达到利息收入平稳对银行至为重要，在第7章中我们将进一步讨论这一点。

表中第二项为贷款损失，这里的损失量占2009年整体资产的0.8%。显然，信用风险的管理及其量化对银行至关重要。在贷款前，无论银行如何谨慎地评估客户的财务状态，某些客户仍然会违约，从而造成贷款损失。在不同的经济条件下，贷款的破产率会有所浮动。在某些年，贷款破产率较低；而在其他年，贷款破产率较高。

表中第三项内容被称为非利息收入，这项内容是银行非信贷行为所带来的收入，这一部分收入由交易收入、承销股票及发行债券收费以及银行为零售及大型客户提供服务的收费等组成。在

DLC 利润表中，非利息收入占整体资产的 0.9%。

表中最后一项为非利息费用，在这个例子中，该项占整体资产的 2.5%，非利息费用包括利息以外的其他所有费用，其中包括薪水以及同技术有关的其他费用等。在一些大型企业，如果不小心控制，此项费用将有逐年增长的趋势。银行应尽量避免诉讼、业务中止、雇员作弊所造成的损失，造成这些损失的不定因素被称为操作风险（operational risk），在第 18 章中，我们将对此项风险进行讨论。

资本充足率

由表 2-3 所示股权资本占资产的 5%，此资本持有率是否充足？一种回答该问题的方式是考虑极端条件下，银行是否可以生存。假定第二年经济极为萧条，银行的贷款损失上升到 4%，我们假定银行其他收入没有受到影响。在此情形下银行的税前操作损失占资产的 2.6%（0.6 - 3.2 = -2.6）。假定税率为 30%，在此税率下，税后损失占资产的 1.8%。

表 2-2 显示出股权资本占资产的 5%，占资产 1.8% 的损失虽然令人失望，但对银行来讲，仍然可以承担得起，资本充足率这时会减至 3.2%，即使第二年有一个类似的损失，资本金也不会被彻底耗尽。

现在假定银行有一个如表 2-4 所示的更加激进的资本结构。表 2-4 只在资本金持有率及存款率上与表 2-2 不同，表 2-4 所示资本金持有率为 1%（而不是 5%），而存款率为 94%（而不是 90%），在这种情况下，损失为资产 4% 的事件会彻底耗尽股权资本，这样的损失会使银行陷入巨大的金融困境。毫无疑问，在困境中银行希望提高资本金持有率，但在一个虚弱的财务状况下，银行几乎不可能会找到自己所寻求的资本金。

表 2-4 DCL 银行对应于资本充足率为 1% 的情形下的资产负债表（以 100 万美元计）

资产		负债及净价值	
现金	5	存款	94
有价证券	10	长期次优先级债券	5
贷款	80	股权资本	1
固定资产	5		
汇总	100	汇总	100

在银行危机到来时，会造成存款人的“银行挤提”（run on the bank），这时所有的存款人都可能抽取资金以保全自己。这样的事件会造成银行破产，如果所有资产可以以账面价格卖出（这是一个很乐观的假设），长期债权人可以收到 420 万美元而不是 500 万美元的回报（长期债权人吸收了股权损失），存款人的资产得以保全。

银行股权只占资产的 1% 显然是不充足的，股权占资产的 5% 更为合理一些。我们注意到股权资本及次优先级长期债券都是资本的来源，股权资本在不利情形下给银行提供了最好的保护（在我们的例子中，当持有 500 万美元而不是 100 万美元的资本时，银行是不太可能会破产的），次优先级长期债券在破产时排名低于存款，但是次优先级长期债券抵御风险的效果不如股权资本，我们的例子显示次优先级长期债券并不能抵御银行破产。

第 11 章我们将会看到银行监管机构一直在积极地参与银行资本金充足率的管理，以保证银行有足够大的能力抵御风险。风险类型包括市场风险、信用风险及操作风险。股权资本为 1 级资本（tier 1 capital）；而次优先级长期债券为 2 级资本（tier 2 capital）。

2.3 存款保险

为了保证投资人对银行系统的信心，许多国家的政府监管引入担保制度，在担保制度下，存款人的存款在一定水平下受到保护。

拥有大量小型银行的美国尤其会出现银行破产现象。1929年股票市场暴跌后，美国经历了一场十分严重的大萧条，1930～1933年有近万家银行破产，银行挤提及市场恐慌现象十分普遍。1933年，美国政府成立了联邦存款保险公司（Federal Deposit Insurance Corporation，FDIC），其目的是为了保护存款人。最初，存款所受保护的最高水平为2 500美元，这一保护水平几次得到提高，到2008年10月，存款保护水平已达到250 000美元（2010年1月，多数账户的保护水平要回调到100 000美元）。为了得到保护，银行支付的保险费用为其国内存款的一定比例。2007年引入的一系统要求付保费用与银行的风险有关（以资本金比率为基准）。

截止到1980年，这套系统运作良好，市场上没有出现银行挤提现象，银行破产也十分罕见，但是，1980～1990年，银行破产数量显著增加，这10年间银行破产数量超过1 000家（超出1933～1979年的总和）。造成银行破产有几个原因，其中一个原因是银行管理利率风险失效，对这一话题，我们将在第7章进行讨论；另一个原因是石油及商品价格的下滑触发了许多石油、天然气及从事农业生产的公司贷款违约。

造成银行破产的进一步原因是存款保险制度的存在造成了银行过分追求高风险政策，这些决策在没有存款保险的前提下是不可行的。例如，银行为了吸引存款客户，可以提供高利率存款，并将存款用于发放高风险贷款。在没有保险的前提下，银行不能实施这样的策略，因为存款客户可以看到银行的所作所为，他们可以认定银行风险太高，从而撤回资金；而在有了保险的前提下，银行可以实施高风险决策，因为存款人认为在最糟的情况下，他们的存款仍受到FDIC的保护，这一现象就是所谓的道德风险（moral hazard）。我们将在第3章对道德风险进行深入的讨论，道德风险可以被定义为因为保险的存在，受保方可能改变其行为的可能性。以前讨论的以风险为基础的定价方式在某种程度上可以降低道德风险。

20世纪80年代，FDIC的资金受到严重消耗，它不得不从美国财政部借入300亿美元资金。1991年12月，美国国会通过《联邦存款保险公司修正法案》（FDIC Improvement Act），修正法案消除了FDIC在将来的任何破产可能。1991～2006年，美国银行破产事件相对罕见，到2006年为止，FDIC的储备金已经达到500亿美元。2008年破产的银行，例如IndyMac，消耗了FDIC一定的资产，这不可避免地造成了保险费用的增加。

2.4 投资银行业

投资银行主要从事的业务是为政府及企业发行证券和股票从而取得资金，其业务包括最初的证券发行、承销并向投资人出售。在一个典型的企业与投行的合约中，企业会注明其融资形式，即证券、股票或可转换债券（convertible bond）。发行证券要附有法律文件，法律文件中要阐述证券持有人的权利，文件要附有说明公司过去以及将来表现的招股说明书（prospectus），发行证券公司所面临的风险包括重大法律诉讼等要被阐述清楚。证券发行过程中要有“路演”（road show），路演是为投行以及公司高管吸引大型基金经理而设定促销机会。投行与公司之间制定证券价格，然后投行将证券在市场上销售。

投行与企业之间可以达成不同形式的协议，有时发行证券是以私募（private placement）的形式，在私募形式中，证券将被卖给人寿保险公司或养老基金等大型机构投资客户，投行从中收取手续费。其他形式的发行方式为公开发行（public offering），在公开发行中，证券是发行给投资大众，公开发行可以是非包销（best effort）模式或包销模式（firm commitment）。在非包销模式中，投行按自身的能力将证券在投资人中销售，投行所得的收入与证券销售量有关；在包销模式中，

投行同意从证券发行人手中以固定价格买入证券，然后再以稍高的价格在市场上销售，投行的盈利等于证券售出价格和买入价格的差。如果因某种原因投行没有将证券全部卖出，投行只有持有这些证券。以上两种销售模式的不同在例 2-1 中有所显示。

例 2-1

一家投行同意对 ABC 公司发行的 5 000 万股股票进行承销，投行与 ABC 通过谈判商定股票的目标价格为每股 30 美元，这意味着公司将取得 30 美元 ×5 000 万 =15 亿美元的资金。投行可以给客户提供非包销模式，在这一模式中，投行每销售一股将收取 0. 30 美元的手续费，因此假定所有的股票均能在市场上变卖，投行的收入为 0. 3 × 5 000 = 1 500 万（美元）；投行也可以提供另一种营销模式，即包销模式，在这种模式中，投行以每股 30 美元的价格从 ABC 公司买入股票。

投行有信心可以卖出全部股票，但对卖出股票的价格没有把握。为了保证对营销风险有所认识，投行可以考虑两种不同情形。在第一种情形下，投行可以以每股 32 美元的价格卖出股票；在第二种情形下，投行可以以每股 29 美元的价格卖出股票。

在非包销模式中，无论在什么情况下，投行所取得的收入均为 1 500 万美元，在包销模式中，投行的收入与其卖出的股票价格有关，如果投行能够以每股 32 美元的价格卖出所有的股票，因为投行可以从 ABC 公司中以每股 30 美元的价格买入股票，其盈利为 (32 - 30) ×5 000 万 = 1 亿（美元）；但是如果投行只能以每股 29 美元卖出股票，投行仍需以每股 30 美元的价格从 ABC 公司中买入股票，其损失为 (30 - 29) ×5 000 万 = 5 000 万（美元）。以上不同情形所对应的结果在以下列表中有所展示。投行的营销决策取决于投行对于不同情形所设定的概率以及投行自身的“风险偏好”(appetite for risk)。

	非包销模式的盈利（万美元）	包销模式的盈利（万美元）
能够以 29 美元出售	+1 500	-5 000
能够以 32 美元出售	+1 500	+10 000

如果一家公司已经是上市公司，在进行股票融资时，投行可以以新股发行前几天的股价作为基准来确定新股出售的价格。一般新发股票的价格比当前股票价格要稍低一些，这时最大的风险是在新股之前股价大幅下跌。

2. 4. 1　首次公开发行

当一家非上市公司想上市，其发行的股票被称为首次公开发行（initial public offering，IPO）。这些股票的上市一般是通过非包销形式。最初的合理发行价格难以确定，一般取决于投行对发行股票公司价值的估计。投行对公司市场价格的估计等于公司价值除以发行股票的数量，但一般来讲，投行的设定价格会低于其市场价格，这是因为投行不想为股票是否能卖出而冒险（一般来讲，投行每卖出一股而得到的手续费与股票价格无关）。

市场上常常看到的一种情况是当股票在首次发行后，股票价格马上会显著上涨（有时会高达 40%），这说明公司原本可以将股票价位定得更高从而取得更多的资金。正因为如此，IPO 对许多投资人而言具有吸引力。投行常常将 IPO 分配给基金经理以及其他大公司的高管，投行这么做的目的是为了赢得更多的业务（投行的这一做法被称为“违规派送新股”(spinning)，通常监管人员对这一行为嗤之以鼻）。

2. 4. 2　荷兰式拍卖

一些公司用荷兰式拍卖（Dutch auction）的方式来进行 IPO 发行，在一个常规的 IPO 发行过程中，发行公司要提供一个招股说明书并进行路演，购买股票的客户要注明自身想买入股票的价格和数量，股票首先卖给提供最高索取价的客户，然后卖给提供次高索取价的客户，并依此类推，直到股票全部售完为止。全部成功中标者所得到的最后价格为将所有股票分配完时最后投标者所

提供的最低投标价格。例 2-2 说明了荷兰式拍卖过程。

例 2-2

一家公司想在 IPO 中卖出 100 万股股票，该公司决定采用荷兰式拍卖形式进行 IPO 发行。右表显示了投票人所给出的价格。在这一例子中，股票会首先分配给 C，其次是 F，再次是 E，然后是 H，而后是 A。到此为止 800 000 股股票已被分配，接下来最高的竞标价由 D 给出，投资人 D 想买入 300 000 股股票，因为这时只有 200 000 股股票没有被分配，投资人 D 只能买入其竞标数量的 2/3。最终，所有投资人需要付出的价格与 D 的竞标价相同，即 29 美元。

竞标者	股票数量（股）	价格（美元）
A	100 000	30. 00
B	200 000	28. 00
C	50 000	33. 00
D	300 000	29. 00
E	50 000	30. 50
F	300 000	31. 50
G	400 000	25. 00
H	200 000	30. 25

荷兰式拍卖解决了传统 IPO 过程中的两个潜在问题。首先，市场的清盘价（例 2-2 中的 29 美元）对应于所有潜在投资人进行投标的股票市场价；另外，投行进行 IPO 发行时某些客户的优惠现象被消除了。但是，这一过程并没有利用投行与其大型客户之间的业务关系，因为这些关系有助于快速地销售股票。

2. 4. 3 顾问服务

除了帮助公司发行证券，投资银行也为企业并购、撤资策略、企业重大重组等事件开展咨询服务。投行可以帮助企业寻求并购合伙人、购买的目标公司，或可以帮助企业寻找买入自身业务分支以及被撤资分公司的潜在客户。投行也对已成为并购目标的公司提供服务，有时投行可以为公司提供避免被合并及买入的应对措施，这些措施被称为毒丸计划（poison pill）。毒丸计划的例子如下所示。

（1）一个潜在的目标公司可以将其公司章程中加入以下规定：如果另一家公司买入股份数量超过整体股份的 1/3 时，其他股权持有人能够以最近市场交易股价平均值的两倍价格卖出自身持有的股票。

（2）一个潜在的目标公司向其关键雇员发放雇员股票期权，当公司被买入时，期权持有人马上可以行使期权。这种做法会造成关键雇员在公司被合并时马上离开公司，从而给公司新主人只留下一个空壳。

（3）一个潜在的目标公司可以在其公司章程中加入新的规定，使得新主人不能在买入公司后的一两年内解雇现任董事会成员。

（4）一个潜在的目标公司可以发行优先股（preferred share），这些优先股在公司的控制权有所变化时可以随时被转换为普通股。

（5）一个潜在的目标公司可以在其公司章程中加入新规定，注明现存的股权持有者可以在公司被买入时以低价买入公司股票。

（6）一个潜在的目标公司可以改变其投票章程来使得管理人员的持有股票比其他股票具有更多投票权。

毒丸计划在美国之外的许多国家是违法的，该计划的执行一定要获得股权人的批准。一般来讲，股权人会反对毒丸计划，因为这类方案是以公司管理人员的利益为出发点。在业界事例 2-1 中我们讨论了仁科公司提出的异乎寻常的毒丸计划。

业界事例 2-1

仁科公司的毒丸计划

2003 年，经营人力资源系统的仁科公司对甲骨文公司的并购意向十分担忧，甲骨文公司的业务专长是数据库管理系统。为了阻止并购，仁科公司向其客户提供了非同寻常的担保。担保注明了如果在 2 年内仁科公司被收购，并且在 4 年内公司提供的客户支持服务有所减少，客户可以提出退款，退款数量为客户付出的软件使用执照费的 2～5 倍。这一担保可能会给甲骨文公司带来的费用达 15 亿美元，仁科公司提出的担保受到股权人的反对（因为这一担保明显与股权人利益不一致），仁科公司在 2004 年 4 月终止其担保承诺。甲骨文公司最终在 2004 年 12 月买入仁科公司，虽然仁科公司的某些职位被撤销，但甲骨文公司还是保持了仁科公司产品开发部以及产品支持部门 90% 的职位。

定价、战略和战术是投资银行提供咨询服务的关键。例如，某投行为公司 A 提供买入公司 B 的咨询服务，投行首先要对公司 B 有一个合理定价，并为公司 A 估测在两家公司合并后的增效作用（synergy），同时投行也要替公司 A 考虑是否向公司 B 的股权人提供现金还是换股交易（share for share exchange，即以一定数量公司 A 的股票换取公司 B 的股票），最初的买入价为多少？为了保证交易成功最终的底价为多少？投行要考虑接触公司 B 高管的方式，并且要考虑公司 B 的反应。投行要判断这项收购协议是否会被认为是敌意的（hostile，即公司 B 的管理层反对）或者是友好的（即公司 B 的管理层支持），在某些情况下，并购会涉及反垄断法律问题，这时的收购一定要有政府有关部门的批准。

2.5 证券交易

银行经常从事证券交易业务、经纪服务以及对某种证券进行造市。在这些领域，银行与不从事其他银行业务的较小规模的证券公司展开竞争。

经纪人通过从其客户收取交易指令并在交易中心完成交易的形式为客户提供服务。有些经纪人在全国范围内经营业务，而其他经纪人只在某个特定的区域经营业务。有些提供全方位服务的经纪人，同时为客户提供投资和咨询服务。折扣经纪人（discount broker）收取较低的手续费，但不提供咨询服务。有些经纪人提供在线服务（online service），还有些经纪人提供在线交易（E-trade）平台，在没有经纪人协助的情况下，客户可以于在线交易平台上进行交易。

对证券做市要涉及给证券提供买入价（即准备以该价格买入证券）以及卖出价（即以该价格卖出证券）。在被索问证券价格时，做市商应该在不问对方是买入或卖出的情况下既给出买入价又给出卖出价，做市商可以从买卖价差取得盈利，做市商面临的风险是其持有头寸风险高至不可接受的水平。

许多股票、期权、期货交易所采用做市商制度，一般交易所阐明做市商可允许的最高买卖价差（即卖出价与买入价的价差）。除了交易所交易内的产品，许多其他产品（例如远期合约、互换合约以及期权）在场外市场（OTC）交易（见第 5 章关于场外市场的讨论），许多大型投资银行是这些产品的做市商。

交易与做市是密切相关的，许多大型商业银行及投行的交易规模较大，交易对手往往是其他银行、企业以及基金经理。银行进行交易往往有 3 个目的。

（1）满足交易对手的需求。例如，一个银行可能向某企业卖出为了减低该企业外汇风险的期权；或者某家银行从某对冲基金买入某信用衍生产品，其目的是为了帮助对冲基金实施某种交易策略。

（2）减少自身的风险，我们将在第 6 章进一步讨论。

（3）采用某种头寸投机以取得盈利，该类交易被称为业主账户交易或自营交易（proprietary trading，简称 prop trading）。

2.6 银行内部潜在的利益冲突

在同一个企业屋檐下，银行的商业银行部、证券服务部及投资银行部之间存在许多潜在的利益冲突，例子如下所示。

（1）某投资人向银行咨询时，银行往往有可能向客户卖出其投行部想卖出的产品。当银行持有某个托管账户（fiduciary account，即银行帮助客户进行交易的账户），银行可能将那些难以变卖的证券硬塞到这些账户下。

（2）银行向某客户提供贷款往往会取得一些关于客户的保密信息，之后银行可能会将这些信息传递给自身的投行并购部以确保并购部可以在某个潜在的收购交易中为客户提供咨询服务。

（3）证券研究部门为了取悦某公司，并取得投资机会，可能会故意将这家公司的股票推荐为“买入”级。

（4）假定某商业银行在取得了某公司的保密信息后，这家公司破产的可能性增大，银行因此不准备再向该公司提供贷款，这家商业银行可能向其投行部提供信息，让投行部帮助企业发行证券，并利用证券收入来付清贷款，这么做的效果是利用那些信息不灵通的投资人的投资取代自身的贷款。

正是由于这些潜在的利益冲突，过去有些国家试图将商业银行和投行分离。美国在 1933 年通过的《格拉斯 - 斯蒂格尔法》（Glass-Steagall Act）限制商业银行及投行业务交叉运作。商业银行可以继续包销某些政府债券及市政债券，它们也允许进行私募交易，但商业银行不允许从事公开发行股票业务；类似地，投行也不能承接存款以及发放商业贷款。1987 年，美联储放松了其监管规则，即允许银行控股公司有两个分支来从事投行及商业银行业务，但投行业务的收入占整体银行收入的比率要在一定水平之下。

1997 年，银行监管规则进一步放松，商业银行可以收购投行。最终在 1999 年，美国通过了《金融服务现代化法案》（Financial Services Modernization Act），该法案事实上消除了银行、保险公司以及证券公司运作之间的限制。2007 年，美国有五家不从事商业银行业务的投行，它们分别是高盛、摩根士丹利、美林、贝尔斯登以及雷曼兄弟。2008 年的信用危机导致雷曼兄弟破产，贝尔斯登由摩根大通收购，美林由美洲银行收购，高盛及摩根士丹利变身为既从事商业银行业务也从事投行业务的银行控股公司（因此，这两家银行必须降低杠杆比率，并且要受到更多的监管审查），2008 年宣告了美国投行业的结束。

2.7 今天的大型银行

今天的大型银行在全球范围内运作并在许多不同地区操作业务，这些银行仍然从事传统银行业务，例如承接存款、发放贷款并进行支票结算（国内及国际）。这些银行也向客户发放信用卡、提供电话银行服务、网络银行服务、自动取款机服务，同时这些银行也为企业提供工资支付服务。

银行为企业及私人客户提供信贷限额（line of credit），也为从事出口的企业提供各类不同的服务，企业可以同银行之间进行交易以对冲自身面临的由于外汇、商品价格、利率以及其他市场变量引起的风险，我们将在后面几章中对这些合约进行讨论。在此，我们想指出，一些甚至与气候有关的风险也可以得以对冲。

从事证券研究的银行可以对单一股票给出"买入"、"卖出"以及"持有"不同等级，这些银行同时从事经纪服务（折扣经纪及全面服务经纪），它们也从事信托服务，即替客户管理资产组合。银行内部设有经济部，其职责是研究宏观经济走向以及中央银行相关的政策，经济部对利率、汇率、商品价格及其他市场变量的走向提供预测。银行还提供不同类型的共同基金（mutual fund），有些银行自身持有对冲基金，现在有越来越多的银行提供保险产品。

银行的投行部在承销政府及企业债券方面有完全的自主权，投行同时还可以向客户提供并购以及其他与企业融资有关的咨询服务。

为了对其业务进行支持，大银行设有大规模的交易平台，某些银行交易是在交易所内，但大多数为场外型（OTC）。金融机构、基金公司及大企业的交易员已经建有一个大型电话网络，他们凭借这个网络交易（见第5章）。

第2.6节所描述的利益冲突怎么被合理管理呢？解决管理方式就是所谓的职能分管制度（Chinese wall），职能分管制度是指为了防止将不利于银行客户的信息从银行一个部门传播到另一部门而设定的内部障碍，以前在大银行曾发生过一些著名的违规事件，这些违规事件导致了巨额罚款以及法律诉讼。银行最高管理层有加强职能分管制度实施力度的动机，这不只是由于罚款及法律诉讼，因为银行的名誉是非常容易受损的无形资产，有关利益冲突的反面报道会导致投资人对银行的信心产生损害，在许多业务领域，银行也会因此丧失业务机会。

2.7.1 会计规则

现在是一个很好的时机来简要讨论一下银行如何计算业务的盈亏（profit & loss）。对那些产生手续费的大多数投行业务活动，计算盈亏十分简单，计算方式为权责发生制会计规则[⊖]，这与其他行业相应的会计规则十分相似。

对于银行的其他业务，我们应该认识到"银行账户"（banking book）与"交易账户"（trading book）的区别。顾名思义，交易账户包括所有银行交易行为中的合约，交易账户中的资产及负债均以逐日盯市（marked to market）计价的方式计量，这意味着该账户中每天的价值变化均反应市场价格的变化。如果一个银行交易员在某天以100美元的价格买入某资产，假定在第二天价格下跌至60美元，银行账目上马上会出现40美元的损失，即使资产在今天没有被卖出，该损失仍然在账面出现。有时因为市场没有相似交易，某些资产的价值并不容易估计，例如，因为市场上没有足够多的流动性或者某种复杂产品交易并不普遍，这造成了市场上没有产生足够多的简单产品来作为衡量尺度对产品定价，但这时因为会计准则的要求，银行必须对持有资产进行定价，银行常常必须采用某种模型来达到目的。这种产生市场价格的过程被称为"以模型定价"（marking to model），这是因为银行必须采用某种模型来求得资产的价格（在第20章我们将进一步讨论模型风险及会计准则）。

银行账户包括银行向企业及个人客户发放的贷款，对这些产品，银行不需要逐日盯市计价。如果贷款人按时偿付本金及利息，银行账面上的贷款记录为本金加上应付利息；如果贷款人的应付款项已经超时90天，这种相应的贷款被称为不良（nonperforming）贷款。关于这种贷款，银行在计算盈利时不将其考虑在内。当贷款质量变得恶化时，并且确认客户不再支付利息及本金后，贷款被归于贷款损失。

为了应付贷款损失，银行留有储备金。储备金是从收入报告中扣除，对贷款损失的一种估计。储备金的数量会定期有所增加或减少。银行可以通过在经济好的年景高估储备金，并在经济差的

⊖ accrual accounting，也译作应计发生制。——译者注

年景低估储备金的形式对收入波动率进行平滑化。实际的贷款损失是从储备金中扣除的，如业界事例2-2所示，有时银行会采用一些人为的方式来避免确认已有的贷款损失。

业界事例2-2

如何保证贷款状态良好

当贷款人面临财务困难并且不能支付到期的贷款利息及本金时，有时银行会借给贷款人更多的资金以保证贷款人能够对既存贷款按时偿付，这种会计技巧有时被称为债务重组（debt rescheduling），该做法可以保证利息能够继续累计并且避免（至少可以延迟）贷款损失。

20世纪70年代，美国以及其他国家向东欧、拉丁美洲和其他不发达国家发放了大量贷款，这些贷款的一部分是为了帮助这些国家的基础设施建设，但有些贷款的目的并不十分正当（例如，有一项贷款是为了帮助非洲的某个统治者执政），有时这些款项进了一些独裁者的腰包，例如，据说菲律宾的马科斯家族将数以10亿美元的资金转入自己的银行账户。

20世纪80年代初期，许多不发达国家不能继续偿付贷款，这些国家的一种选择是拒付债务（debt repudiation），但另外一种更诱人的做法是债务重组。事实上，债务重组的效果是将利息计入本金，银行需要对贷款的资金支持进一步增加。有一些消息灵通的不发达国家认识到银行为保持强劲盈利姿态，往往会有强烈意愿保持贷款的良好状态。因此，当贷款偿付超过90天期限，而且接近每季度报告前，这些不发达国家会同银行谈判以取得债务重组，在谈判中这些不发达国家占有优势。

1987年，花旗银行（现在的花旗集团）首先站出来拒绝给这些不发达国家提供重组贷款，花旗在承认其贷款预期亏损后，其贷款损失储备金上涨到30亿美元，随后其他银行也纷纷效仿，不再给这些不发达国家提供债务重组。

2.7.2 发行及销售模式

我们在表2-2～表2-4所讨论的小银行DLC的业务是承接存款并使用存款资金来发放贷款。近年来，银行扮演的角色越来越侧重于发放贷款而非持有贷款，银行将持有的贷款进行打包、分类，然后再将其卖给投资人，其流程将在第16章中进一步讨论，这种经营模式即银行运作的发起－配售模式（originate-to-distribute）。美国按揭市场采用的发起－配售模式由来已久，为了保证美国按揭市场的流动性，并保证住房拥有率的增长，美国政府成立了三个有政府支持的机构：政府国民抵押贷款协会（Government National Mortgage Association，GNMA），简称“吉利美”（Ginnie Mae），联邦国民抵押贷款协会（Federal National Mortgage Association，FNMA），简称“房利美”（Fannie Mae）以及联邦住房抵押贷款公司（Federal Home Loan Mortgage Corporation，FHLMC），简称“房地美”（Freddie Mac）。这些机构从银行或其他发行按揭的公司买入按揭组合，然后对按揭的利息及本金偿还提供担保，将现金流打包，然后再卖给投资者。投资人一般承担提前偿付风险（prepayment risk），这类风险是指当利息下降时，按揭被提前付清而触发的风险。虽然投资人承担提前偿付风险，但投资人并不承担信用风险，因为按揭是由GNMA或FNMA或FHLMC担保。在1999年，FNMA及FHLMC为次级债提供担保，并因此这两家机构陷入严重的财务危机[⊖]。

⊖ GNMA一直是由美国政府拥有，而FNMA及FHLMC是由股权人所拥有的私有化公司。在2008年的危机中，美国政府不得不采取紧急措施来拯救FNMA及FHLMC。

至少在2007年信用危机以前，发起-配售模式一直被银行用来处理不同形式的贷款，包括学生贷款、商业贷款、商业按揭、住房按揭以及信用卡应收款项等，其不同之处在于政府机构所担保的证券没有信用风险，而在由银行发起的证券中，投资人将承担信用风险。

发起-配售模式也被称为证券化（securitization），因为证券是由银行所持有的现金流支持，这种模式对银行具有吸引力。通过证券化，银行可以将资产从资产负债表上分离，因此可以产生自由资金来发放更多的贷款，这么做也可以将资本金释放出来，从而将资本金用于覆盖银行其他部门的风险（当银行认为监管部门所要求的资本金过高时，这么做尤其有吸引力）。银行在发行贷款时会挣得手续费，在贷款被卖出后，如果仍对贷款进行日常管理，银行还可以收取手续费。由第16章所示，将一个总面值为1亿美元的贷款组合打包，我们可以产生数量为7 500万美元的高信用等级（AAA-级）及数量为2 500万美元低信用等级的证券。

如第16章所示，发起-配售模式在2000~2006年失去了控制，银行放松了贷款标准，因此证券化后的证券质量大幅下滑，从而触发了2007年信用紧缩，其间发起-配售模式没有任何市场，因为投资人完全失去了对证券化产品的信心。

2.8 银行所面临的风险

银行的业务运作会触发许多不同类型的风险，在本书今后的内容中我们将详细讨论这些风险。

中央银行的监管人员要求银行必须持有足够多的资本金以应对自身风险。1987年，一种决定资本金的国际规则终于诞生，在第11章我们将论述这些规则及其进化过程，2007年开始实行的《新巴塞尔协议》（Basel Ⅱ）要求银行对三种风险，即信用风险、市场风险及操作风险，来设定资本金。整体资本金等于信用风险资本金、市场风险资本金及操作风险资本金的总和。

信用风险是指贷款交易及衍生产品交易中对手违约所触发的风险，传统上该类风险是银行所面临的最大风险类型，因此相应的监管资本金数量也最高。市场风险主要来自于银行的交易业务，该类风险与银行交易账户上资产跌价的可能性有关。操作风险是指银行内部系统失效或外部事件而触发损失的风险。考虑信用风险及操作风险时，我们设定的展望期为一年，而市场风险所对应的展望期为10天。监管人员设定资本金的目的是保证银行的资本金数量足够大，从而银行破产的可能性很小。例如，考虑信用风险及操作风险时，资本金的设定标准是保证非预期亏损超过资本金的概率为0.1%。

除了计算监管资本金，大多数银行还设定系统来计算经济资本金（见第21章）。经济资本金是银行利用自身模型，而不是利用监管部门所设定的模型求得自身所需要的资本金数量。经济资本金一般小于监管资本金，但是银行一定要保证自身持有的资本金高于监管资本金。资本金的类型（股权、次优先级债券等）由监管人员定义。为了保证自身能够在短时间内筹得资金，银行一般会试图将自身资本金设定在远高于最小监管资本金要求的水平。

2007年和2008年，银行纷纷宣布其次债组合的巨额损失，其中许多银行纷纷争先恐后地发行股权资本。被不同国家掌控的主权财富基金（sovereign wealth fund）为银行提供了一定的资本金。例如，花旗集团在宣布了其400亿美元损失后，于2007年11月从阿布扎比投资局（Abu Dhabi Investment Authority）取得75亿美元的股权资金，接下来在2008年1月又从新加坡及科威特政府取得145亿美元的资本金。之后，花旗集团及其他银行为了自己的生存又不得不从自己的政府那里借入资金。

2.9 小结

大银行是从事各种不同业务的全球性机构，传统上的对商业银行及投资银行的独立经营要求已经消失，今天世界上大型银行从事的业务包括存款、贷款、证券承销、交易、提供托管服务、为各类融资行为进行咨询、经纪服务、提供互惠基金、为对冲基金提供服务等。银行内存在潜在的利益冲突，为此银行设定了内部管理规定，公司高管要强化管理力度以确保雇员服从管理规定。由名誉损失、法律诉讼以及不当行为而受罚的成本可能非常昂贵，所谓不当行为包括某个客户（或银行）为提高自身业务经营优势而由其他客户（银行）来付出不合理的代价。

现在国际上已设定银行监管合约，这意味着银行在不同国家经营业务时，自身所持资本金不会因经验业务所在国家的不同而有很大差别。许多国家为其小量的存款额在银行违约时提供保护，这对确保投资人对银行系统持有信心非常重要，会避免出现因为关于银行的负面消息（或者只是谣言）的公布而导致的挤提现象。

推荐阅读

Saunders, A. , and M. M. Cornett, *Financial Institutions Management: A Risk Management Approach*, 6th edn. McGraw-Hill, 2008.

练习题

2.1 美国金融系统的重心 1984 ~ 2007 年发生了什么改变?

2.2 政府通过什么政策造成了大量小型社区银行的出现?

2.3 银行以短期存款支撑长期贷款会有什么风险?

2.4 假定 DLC 银行（见表 2-2 和表 2-3）的失控交易员在外汇交易时损失了 700 万美元，你认为由此会触发什么后果?

2.5 利率收入的含义是什么?

2.6 第 2.2 节中 DLC 收入那一项主要受到以下什么风险的影响?（a）信用风险；（b）市场风险；（c）操作风险。

2.7 解释名词“私募”及“公募”。在公募中“非包销”和“包销”的含义是什么?

2.8 一个荷兰式拍卖的竞标价如下所示。

竞标者	股票数量（股）	价格（美元）
A	20 000	100.00
B	30 000	93.00
C	50 000	110.00
D	70 000	88.00
E	60 000	80.00
F	10 000	105.00
G	90 000	70.00
H	80 000	125.00

如果拍卖股票数量为 150 000 股，投资人所付的价格为多少？每个投资人会被分配多少股股票?

2.9 荷兰式拍卖与正常 IPO 相比好处是什么?

2.10 管理人员有时认为毒丸计划与股权人利益一致，因为这可以使管理人员从并购协议中取得好的价格，讨论这一观点。

2.11 给出一个大银行内三个潜在的利益冲突，对这些冲突应该如何处理?

2.12 一个面值为 1 000 万美元的贷款利息为 8%，如果该贷款被划为不良贷款，这对收入有什么影响?

2.13 解释贷款储备金账户的运作方式。

2.14 什么是发起 - 配售模式？为什么在 2007 年 7 月以后该模式没有被广泛采用?

作业题

2.15 监管人员在计算DLC银行（见第2.2节）时，假定收入回报服从正态分布，均值为60万美元，标准差为200万美元。除了表2-2给出的资本金以外，银行还需要多少股权资本以保证在99.9%的把握下，银行的资本金不会被完全消除？

2.16 解释存款保险机制下的道德风险，如何克服这类风险？

2.17 某荷兰式拍卖的竞标价如下所示。

竞标者	股票数量（股）	价格（美元）
A	60 000	50.00
B	20 000	80.00
C	30 000	55.00
D	40 000	38.00
E	40 000	42.00
F	40 000	42.00
G	50 000	35.00
H	50 000	60.00

拍卖股票数量为210 000股，投资人最终所付价格为多少？每个投资人所分配的股票数量为多少？

2.18 某家投行要为某公司发行1 000万股股票，投行试图确认是以包销还是以非包销的模式来实施股票发行，包销模式中每股股票价格为10美元，非包销模式中每销售一股股票，收费为20美分，比较两种不同承销模式的优缺点。

CHAPTER 3

第3章

保险公司和养老基金

保险公司的作用是为不利事件提供保护，寻求保护的公司或个人被称为投保人（policyholder），投保人向保险公司定期支付保险费（premium），并在注明的受保事件发生后从保险公司取得赔偿。保险一般可分为人寿保险（life insurance）及产业险（nonlife insurance），健康险（health insurance）常常被认为是保险中的独立分支。产业险有时也被称为财产险（property-casualty insurance），我们在今后将沿用这一词。

人寿保险一般持续时间较长，保险公司在投保人死亡后会向受益人支付赔偿。财产险的合约期限通常为一年（虽然合约一般可以延续），在出现事故、火灾、被盗或其他类似事件时，这类保险会向受保人支付赔偿。

保险合约已存在多年。远在公元前200年，古希腊就有一种形式的保险合约，在这种合约中，任何人均可以一次性付款（数量与年龄有关），在付款后，这个人在其余生内每个月均可收到一定的收入。古罗马有一种不同形式的合约，在合约中投保人可以买入某合同，而当投保人死后，他的亲戚可以收到一定的赔偿。在中国古代也存在一种财产灾害保险合约，合约在商人群体间达成，合约注明如果某个商人的商船不幸沉没，其他商人需要提供赔偿。

养老金计划是由公司雇主为其雇员安排的一种保险合约，其设计是为了保证在雇员退休后，保险计划将在雇员的余生内为其提供收入。一般雇员及雇主每个月都要定时向养老基金供款，养老金计划为现在及将来的退休者提供收入。

本章我们将讨论保险公司合约的运作方式，我们还将讨论保险公司所面临的风险及对其监管的过程，本章我们还将讨论与养老金有关的一些其他关键问题。

3.1 人寿保险

保险公司向投保人支付的赔偿在某种意义上与投保人的死亡时间有关。在美国以外的地区，

人寿定险（life assurance）是用来描述在将来某一受保事件发生后，为受保人所提供保护的合约（例如，在投保人死亡后，保险公司将赔偿100 000美元的合约）；而人寿保险（life insurance）是指将来有可能发生也有可能不发生的事件所提供的保险合约（例如，在受保人意外死亡时提供回报的合约）㊀。在美国，所有的人寿保险全是指后者（即life insurance），我们在今后所描述的人寿保险也是指后者。

根据国家的不同，市场上有许多不同的人寿保险，我们在下文中将介绍常见的保险产品。

3.1.1 定期寿险

定期寿险（term life insurance）有时也被称为暂时寿险（temporary life insurance），这种合约只持续一定的年限，如果投保人在保险期限内死亡，保险公司会向合约中指定的受益人支付赔偿，赔偿数量等于保单面值所示的赔偿额；如果投保人在合约期限内没有死亡，保险公司不会支付任何赔偿。保险投保人要每月或每年定期向保险公司支付保费，保费一直要支付到合约的到期日或投保人的死亡日（以两个日期中最早的一个为准），投保的面额一般为恒定或随时间而递减，而保费一般为恒定或随时间而递增。一种保费随时间递增的合约是每年可续保定期寿险（annual renewable term）合约，在这种合约中，保险公司向投保人收取的保费每年以一定比率增长，与投保人的健康状态无关。

定期寿险存在的原因往往是由于按揭贷款。例如，某个年龄为35岁的人可能持有一个25年的按揭，他可能会买入一个25年期的保险合约（面值逐渐降低），合约阐明当投保人死亡时，保险公司会为其子女提供赔偿来还清按揭。

3.1.2 终身寿险

终身寿险（whole life insurance）有时也被称为永久寿险（permanent life insurance），这种保险合约为投保人终生提供保险，投保人在其余生内每月或每年定期向保险公司支付保费，在投保人死后，保险公司向投保人指定的受益人提供赔偿。在定期寿险中，最终保险公司会不会支付赔偿具有不确定性，但在终身寿险中，只要投保人一直支付保费，最终的赔偿没有不确定性，唯一不确定的是赔偿时间。终身寿险的费用远高于定期寿险的费用，通常在终身寿险中，投保面值以及投保金额为恒定。

投保人常常会提前退保（redeem或surrender），或者以保单作为贷款抵押物。当投保人想提前退保时，有时其他投资人能够以高于保险公司支付的退保价格的价格从投保人手中买入保单，然后，投资人继续支付保费，并且在投保人死亡时会从保险公司收到赔偿。

我们可以将保险的年度保险费与每年的定期保险费用进行比较。假定一个40岁的男性买入面值为100万美元的终身寿险，每年所付的保费为20 000美元。我们在今后将看到，一个40岁男性在一年内死亡的概率为0.002 4，这说明一年保险的公允价值为2 400美元，意味着在第一年的保费中有17 600美元的盈余可用于投资。一个41岁男性在一年内死亡的概率为0.002 6，这说明第二年保险的公允价值为2 600美元，意味着在第二年的保费中有17 400美元的盈余（surplus premium）可用于投资。每年的保险费用随着投保人年龄的增大而逐渐增加，在某一个时间段，保险费用会超过保费。在我们的例子中，在投保30年后，每年的保险费用将超过保费。男性在70岁时，

㊀ 理论上讲，英文中的人寿定险合约是指那些投保事件一定会发生，但合约是否会提供赔偿具有不确定性的保险合约，因此为一个投保人在今后10年内死亡提供保险的合约属于这种类型。实际中，合约的区分（即life assurance与life insurance的区分）并不是十分严格。——译者注

一年内死亡的概率为0.027 5(第30年时，保险的公允价值为27 500美元，这比保险公司每年收入的保费要大)。图3-1比较了保费数量与每年的保险费用。在受保前期，保险公司将盈余保费进行投资，投资回报可以用于弥补投保保费与后期成本的差距。图3-1显示了保费中有一个储蓄成分(saving element)。在受保前期，保险公司代表投保人将保费中超出覆盖保险支出风险的那一部分资金进行投资。

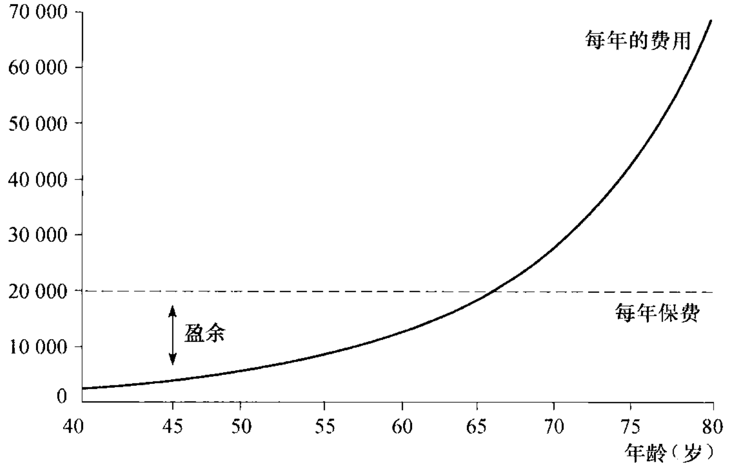


图3-1 每年的保险费用与终身寿险保费的比较

在许多国家保险合约可以享受税务优惠。如果投保者将盈余保费进行投资，投资回报的收入要被征税，但是当保险公司将保单中的盈余保费进行投资时，只有在投保人死亡后，投资回报才被征税，这时投保受益人将会得到现金收入[⊖]，因此保险合约可以达到延迟税务的目的，这对投保人很有好处。缴税的时间被延迟得越长，税款所对应的现值就越低。

3.1.3 变额寿险

终身寿险合约涉及将投保人的资金进行投资，对该类保险的一个自然扩展是注明资金的投资方式。变额寿险（variable life(VL) insurance）是终身寿险的一种特殊形式，但以上讨论盈余保费是由投保人投资，投资方式可以是股票基金、债券基金以及货币市场基金。在投保人死亡时，赔偿数额有一个最小保证，但如果基金表现良好，赔偿数额可以很高，投资所得可作为保费，投保人也可以随时将资金在基金间进行转换。

3.1.4 万能寿险

万能寿险（universal life(VUL) insurance）也是终身寿险的一种形式。在这种保险中，投保人可以将保费减至不造成保险失效的某个最低水平，以上讨论的盈余保费被保险公司投资于债券、按揭和货币市场产品。保险公司将担保最低回报率，例如4%。投保人有两种选择，一种是在死亡时投保受益人得到固定回报，另一种选择是投保受益人可以在投资回报高于担保最低收益时，收到更多的赔偿额。显然，对应于第一种选择，投保人的保费会更低。

⊖ 如果投保人提前死亡，盈余保费所带来的收入会很少，因此投保受益人应缴税款也很少；但如果投保人的寿命很长，保险公司给受益人支付的赔偿中有很大一部分要被征税。

3.1.5 变额万能寿险

变额万能寿险（variable-universal life(VVL) insurance）综合了变额寿险及万能寿险的不同特性。投保人可以将盈余保费投资于不同形式的投资产品。保险公司对于投保人死亡的赔偿额底线提供担保，投资回报可用于支付保费，保费也可减至保证保单仍然有效的一个最低数量。

3.1.6 储蓄寿险

储蓄寿险（endowment life insurance）[⊖]有一定期限，赔偿额是在投保人死亡或在合同到期时的第一时间一次性支付。市场上存在不同形式的储蓄寿险。储蓄寿险的最终支付额可以被提前说明，而与投保人在保险到期时是否健在无关，有时保险的支付与投保人有重大疾病（critical illness）有关。在带利储蓄寿险（with-profit endowment）合约中，保险公司可以定期根据投资的表现来定出合约的分红数量，分红会逐渐累积。假定投保人的寿命超过保险期限，累积分红可以增大最终向投保人所支付的赔偿金额。在基金连锁储蓄寿险（unit-linked endowment）中，保险最终支付的金额与投保人选择的基金表现有关。在一个纯储蓄寿险（pure endowment）合约中，保险最终的支付建立在合约到期时投保人仍然健在的条件下。

3.1.7 团体寿险

团体寿险（group life insurance）在一个合约下为许多人提供保险，这种保险常常是公司雇主为其雇员购买，合约的形式可能是参与型（contributory）或非参与型（noncontributory）。在参与型团体寿险中，雇主和雇员共同支付保费；在非参与型团体寿险中，雇主自身完全支付保费。团体寿险有一定的规模经济（economy of scale）效应，出售保险的管理费用会较低。在单人寿险中，投保人要做身体检查，而团体寿险一般没有这个要求。保险公司认识到，对于保险所覆盖的某些群体，自身承担的风险比平均要小；而对于保险所覆盖的另外一些群体，自身承担的风险比平均要大。

3.2 年金

许多保险公司提供年金合约，人寿保险合约的效应是将许多定期付款转化为一次性付款，而年金的效应正好相反，即将一次性付款转化为定期的付款。在典型的年金合约中，投保人向保险公司进行一次性付款，然后保险公司向投保人支付年金付款，支付时间为某一个特定时刻，付款一直到投保人生命的结束。在固定年金（fixed annuity）合约中，事先约定每个月向投保人所支付的付款数量，在有些情况下，年金支付在一次性付款后马上开始，更为常见的年金合约是投保人在年金付款开始的几年以前进行一次型付款，保险公司在收到年金后马上进行投资来保证年金付款（这样的年金被称为递延年金（deferred annuity））。有时投保人不是采用一次性付款形式，他们可以每月、每季度或每年以储蓄的形式向保险公司进行支付来产生年金，在将来某个特定时刻（例如，当投保人到65岁时），投保人可以将积蓄资金转化为终身年金。

可变年金合约

可变年金（variable annuity，VA）合约是递延年金合约的一种形式，在这种合约中，保险公司将资金投资于股票、债券或其他投保人选定的产品，投保人将来收到的年金数量没有被事先约定，通常年金数量与投资表现以及年金开始时的利率水平有关。

⊖ 也译作人寿定期保险、养老保险。——译者注

与人寿保险类似，年金可以用于推迟投保人的税务，这是因为直到投保人收到年金付款时，才需要缴税。由保险公司代表投保人投资的资金升值后，被称为是累积价值（accumulated value）。一般来讲，投保人可以提前提取资金，但通常会伴有惩罚。换句话讲，年金提前提取的价值（surrender value）往往小于累积价值，这是因为保险公司必须为卖出及管理资产支付费用。有些合约允许投保人无罚金取款（penalty-free withdrawal），这是指在一年内，累积价值的一定比例或初始投资的一定比例可以在无罚金的情况下被随意提取。如果在年金开始时，投保人死亡（或者在某些情况下，投保人住进（私人）疗养院（nursing home）），投保人可在没有惩金的前提下提取资金。

美国的一些递延年金产品中含有期权。递延年金产品累积价值有时与股指，例如 S&P 500 有关。累积价值的上下限会被注明，如果指数在某年的增长率低于某个下限，累积价值的增长就以下限增长率为准；如果指数在某年的增长高于某个上限，累积价值的增长率就以上限增长率为准；否则累积价值增长率就以 S&P 500 的增长率为基准。假定累积价值增长率的下限为 2%，上限为 8%，这说明投保人的累积价值在任何一年增长的下限为 2%，但投保人也同时放弃了增长率超过 8% 所带来的累积价值。在该类合约中，投保人不会得到股指中的股息分红，同时保险公司可以改变某些年的累积价值增长的上下限。对于那些想取得股票市场风险，并同时对累积价值下跌担忧的投资人，这类产品十分有吸引力，有时累积价值从某一年到下一年的累积增长率是股指回报的一个复杂函数。

在英国，用于计算累积价值的最小保底利率也用于计算年金数量，许多保险公司将这些保底数量，也就是投保人所持有的利率期权，作为市场销售费用，没有对这些期权费用数量进行计算，也没有对其风险进行对冲，当利率降低并且投保人寿命有所提高时，许多保险公司陷入财务困境，如业界事例 3-1 所示，一家保险公司也因此而倒闭。

业界事例 3-1

公平人寿保险公司

英国公平人寿（Equitable Life）保险公司成立于 1762 年，在其鼎盛时期，该保险公司共有 150 万投保客户。20 世纪 50 年代开始，公平人寿开始出售年金产品，在年金产品中，公平人寿为计算年金的利率提供担保，该利率可以保证年金支付高于一定的水平（这种产品被称为保本年金期权[㊀]（guaranteed annuity option，GAO））。由于竞争以及利率的提高，年金产品的保底利率逐渐升高，1993 年年底，利率开始下降，同时人类的寿命预期也开始升高，保险公司不得不增加准备金以应对将来高年金的支出。公平人寿没有采取任何措施，反而为了增长，公平人寿卖出更高的新产品，2000 年，公平人寿不得不停止出售新的保单。安·亚伯拉罕（Ann Abraham）在 2008 年 7 月发表的报告对监管局提出了强烈批评，该报告还要求对投保人提供赔偿。

这个故事的有趣之处是，监管人员在某个时刻曾要求提供保本年金期权的保险公司对于利率下跌这一风险进行对冲。因此，许多保险公司纷纷开始与银行进行交易来确保在利率下跌时自身会得到保护，而银行为了对冲风险纷纷买入债券，这些债券在利率下跌时价值会有所上升。因为市场上有太多的银行和保险公司都这么做，以至于市场对债券的需求大幅增长，长期利率急速下跌（从而加大了保险公司的风险暴露中未对冲部分的损失）。这个故事说明，如果持有相似风险暴露的公司达到一定程度，假定这些公司同时想对冲风险，必定会对市场产生不利影响。在市场价值不变的情况下，往往不会有足够多的投资人愿意进行反向交易。

㊀ 也译为终身年金收入选择权、保证年金转换权。——译者注

3.3 死亡率表

死亡率表是人寿保险合约定价的关键，表3-1是美国社会保险部（Department of Social Security）给出的2004年的人类死亡率表。为了理解这一表格，我们考虑对应于年龄为31岁的一行，表中的第2列展示一个31岁的男性一年内死亡的概率为0.001 367(即0.136 7%)，表的第3列展示了一个男性能够生存到31岁的概率为0.970 15(即97.015%)，表的第4列展示了一个31岁男性的剩余预期寿命[⊖]（remaining life expectancy）为45.64年，这意味着平均来讲，一个男性的预期寿命为76.64岁。表中的其他3列是关于女性的数据；一个31岁女性一年内的死亡概率为0.000 659(即0.065 9%)，一个女性能生存到31岁的概率为0.983 81(即98.381%)，31岁女性的剩余预期寿命为50.08岁。

表3-1　死亡率表

年龄（岁）	男性			女性		
	1年死亡概率	生存概率	预期寿命	1年死亡概率	生存概率	预期寿命
0	0.007 474	1.000 00	74.83	0.006 091	1.000 00	79.96
1	0.000 513	0.992 53	74.40	0.000 461	0.993 91	79.45
2	0.000 328	0.992 02	73.43	0.000 268	0.993 45	78.49
3	0.000 247	0.991 69	72.46	0.000 195	0.993 18	77.51
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	0.001 352	0.971 46	46.58	0.000 621	0.984 42	51.05
31	0.001 367	0.970 15	45.64	0.000 659	0.983 81	50.08
32	0.001 404	0.968 82	44.70	0.000 705	0.983 16	49.11
33	0.001 467	0.967 46	43.76	0.000 761	0.982 47	48.14
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
40	0.002 420	0.955 26	37.28	0.001 439	0.975 59	41.46
41	0.002 629	0.952 94	36.36	0.001 581	0.974 18	40.52
42	0.002 863	0.950 44	35.46	0.001 732	0.972 64	39.58
43	0.003 127	0.947 72	34.56	0.001 891	0.970 96	38.65
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
50	0.005 657	0.920 77	28.46	0.003 198	0.954 49	32.25
51	0.006 134	0.915 57	27.62	0.003 431	0.951 44	31.35
52	0.006 595	0.909 95	26.79	0.003 696	0.948 18	30.46
53	0.007 027	0.903 95	25.96	0.003 998	0.944 67	29.57
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	0.011 858	0.850 45	20.36	0.007 445	0.910 48	23.53
61	0.012 966	0.840 37	19.60	0.008 187	0.903 70	22.71
62	0.014 123	0.829 47	18.85	0.008 959	0.896 30	21.89
63	0.015 312	0.817 76	18.11	0.009 747	0.888 27	21.08
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
70	0.027 533	0.710 55	13.27	0.018 406	0.811 36	15.72
71	0.030 131	0.690 98	12.64	0.020 342	0.796 43	15.01
72	0.032 978	0.670 16	12.01	0.022 346	0.780 23	14.31
73	0.036 086	0.648 06	11.41	0.024 382	0.762 79	13.62
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
80	0.068 836	0.457 47	7.62	0.047 769	0.604 05	9.22
81	0.075 724	0.425 98	7.15	0.053 190	0.575 20	8.65
82	0.083 466	0.393 72	6.70	0.059 279	0.544 60	8.11
83	0.092 144	0.360 86	6.26	0.066 080	0.512 32	7.59
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

⊖ 即一个人的在给定年龄下，将来所剩下寿命的年限。

（续）

年龄（岁）	男性			女性		
	1年死亡概率	生存概率	预期寿命	1年死亡概率	生存概率	预期寿命
90	0.181 789	0.139 88	3.80	0.140 793	0.256 60	4.60
91	0.199 019	0.114 45	3.54	0.155 906	0.220 47	4.28
92	0.217 396	0.091 67	3.29	0.172 147	0.186 10	3.97
93	0.236 906	0.071 74	3.06	0.189 496	0.154 06	3.70

资料来源：美国社会保险部，www.ssa.gov/OACT/STATS/table 4c6.html[⊖]。

全部表格展示在生命的前十年，一个人在下一年的死亡概率是年龄的递减函数；在十年后，死亡概率是年龄的递增函数。女性的死亡率数据看起来比男性看好一些，如果一位男性能生存到90岁，他在下一年死亡的概率为18.2%；关于死亡率的全面数据显示男性生存到100岁时，他在下一年死亡的概率为37%；生存到110岁后，下一年死亡的概率为60.3%。对于女性而言，相应的概率为14.1%，31.6%及56.6%。

表中的某些数据可以由其他数据推出，表中第3列展示一个男性生存到90岁的概率为0.139 88，生存到91岁的概率为0.114 45，因此，男性在其90岁和91岁生日间死亡的概率为0.139 88 - 0.114 45 = 0.025 43。一个男性如果生存到90岁，他在下一年死亡的概率为

$$\frac{0.025\,43}{0.139\,88} = 0.181\,8$$

这一结果与表中第2列的数据一致。

一个现年为90岁的男性在后年（即介于91岁和92岁之间）死亡的概率等于该男性在明年仍然生存的概率乘以该男性在91岁以后一年内死亡的概率，由表的第2列得出，这一概率为

$$(1 - 0.181\,789) \times 0.199\,019 = 0.162\,84$$

类似地，一个现年90岁的男性在将来的第3年（即介于92岁和93岁之间）死亡的概率为

$$(1 - 0.181\,789) \times (1 - 0.199\,019) \times 0.217\,396 = 0.142\,47$$

通过类似的计算我们可以从表的第2列数据得出第4列数据。

例 3-1

假定对应于所有期限的利率均为4%，保费在年初时支付，为一个具有平均健康状态的90岁的男性受保，一个面值为100 000美元的人寿保险的持平保费（break-even premium）为多少？假定保险期限为1年，预期赔偿值为0.181 789 × 100 000，即18 179（美元），假定赔偿支付时间在年中（从平均意义上看，这是一种准确的估计）；保费等于预期赔偿以6个月的利率进行贴现得到的当前值，我们已知贴现利率为4%，利率一年复利两次，赔偿值的贴现值等于181 79/1.02，即17 822（美元）。

接下来假定保险的期限为两年，在第1年的预期赔偿贴现值如上所述，即为17 822美元。持保人在第2年死亡的概率为（1 - 0.181 789）× 0.199 019 = 0.162 84，因此在第2年的预期赔偿为0.162 84 × 100 000 = 16 284（美元）。假定赔偿支付时间在第18个月，预期赔偿的贴现值为16 284/1.02³ = 15 345（美元）。因此整体预期赔偿的贴现值为178 22 + 15 345，等于33 167（美元）。

接下来我们计算保费的支出，首先我们知道第1次保费一定会在第1年年初被支付，第2次保费在第2年发生的概率为男性在第1年内仍然生存的概率，即1 - 0.181 789 = 0.818 211。如果保费数量每年为X，所有保费支付的贴现值等于

$$X + \frac{0.818\,211 \times X}{(1.02)^2} = 1.786\,439X$$

持平保费X会保证预期保费支付的贴现值等于预期赔偿的贴现值，即

$$1.786\,439X = 33\,167$$

即$X = 18\,566$，因此持平保费为18 566美元。

⊖ 在本书翻译时，网站已被更新为2005年的数据。——译者注

3.4 长寿风险和死亡风险

长寿风险（longevity risk）是指医学进步以及生活方式的改变使人类寿命延长，从而给保险公司业务带来的风险。寿命的延长会给大多数年金合约的盈利（因为年金支付时间会加长）带来不利影响，但会增加大多数人寿保险合约的盈利（因为保险的最终赔偿被延迟了，而对于期限寿险，最终支付赔偿的可能性减小了）。世界大多数地区的人的寿命都在逐渐增长，美国2004年出生的儿童比1929年出生的儿童年均寿命增长了20岁。不同国家人口的预期寿命（life expectancy）也各不相同。

死亡风险（mortality risk）是指战争、类似艾滋病（AIDS）的传染病以及西班牙流感（Spanish flu）等传染病事件使人类寿命降低而触发的风险，这些事件会给大多数保险合约带来不利影响（因为投保金额赔偿会被提前支付），但这些事件会增加年金合约的盈利（因为年金支付的时间缩短了）。在计算某种事件带来的死亡风险影响程度时，我们一定要考虑人口中哪些年龄层次受到的影响会最大。

从某种程度上讲，长寿风险和死亡风险对于保险公司的年金业务影响会中和这些风险对于常规人寿保险业务的影响，保险精算师必须在不同情形下仔细评估保险公司的业务。我们可以采用再保险（reinsurance）合约或长寿衍生产品（longevity derivatives）来对冲长寿风险，我们接下来将要讨论长寿衍生产品，在本书后面的一些章节我们会讨论再保险合约。

长寿衍生产品

长寿衍生产品为保险公司和养老基金提供了对冲风险的工具，这些工具可以对因投保人预期寿命的延长所触发支付的增加提供补偿。一个典型的合约是长寿债券（longevity bond），也被称为生存债券（survivor bond），这类债券在20世纪90年代末首先被引入市场，在这种债券中，首先要定义一个年龄段的群体，债券在某个给定时刻的券息与定义群体中生存的人数成正比。保险公司及养老金应该认为这类债券具有吸引力，因为这类债券确定为这些公司所面临的风险提供了对冲，但问题是谁会卖出这样的债券呢？答案是某些投机者认为这类债券很诱人，因为它们几乎不具有任何系统风险（见第1.3节）。债券券息的支付只与某些人的寿命有关，与市场回报没有任何相关性。

3.5 财产及伤害险

财产及伤害险（property-casualty insurance）可细分为财产险和伤害险，财产险为投保人的财产损失（由于火灾、水灾、盗窃等）提供保险，伤害险为投保人的法律责任（例如，第三者身体的意外伤害而导致的）提供保险。有时财产及伤害险被包含在同一个保险合约中，例如，某个住房拥有人可能买入为不同损失提供保险的合约，损失种类包括住房被损坏及被偷窃，以及其他人在其财产上受伤所带来的法律责任等。类似地，汽车保险的投保损失包括自身汽车被盗、受损以及其他人受伤带来的法律纠纷等。

一般来讲，财产及伤害险每年要延期，如果预期赔偿将升高，保险公司在保险延期时会提高保费（这与人寿保险中的保费有所不同，人寿保险中的保费在许多年内为恒定）。因为财产保险公司的业务面较宽，其业务经营有一种自然的风险分散效应。对于某些风险，大数定理（law of large numbers）会起作用，例如某保险公司为250 000个家庭提供了失窃和火灾险，我们可以较为

准确地预报预期赔偿数量，这是因为保险公司是在为一个大数量的独立（或几乎独立）事件提供保险（当然，损失事件及平均赔偿数量可能会有某种趋势，保险公司应该跟踪这些趋势，并对保费数量做出相应调整）。

由类似于飓风这样的自然灾害带来的财产损失对保险公司而言难以预测，例如，2005 年夏天发生在美国的卡特里娜飓风以及 2007 年 1 月发生在欧洲西北部的蒲福氏 12 级暴风雪带来的损失十分巨大，这类风险被称为灾难风险（catastrophic risk）。灾难风险难以处理之处在于不同的投保人并不相互独立。保险公司要面对两种情形：一种情形是飓风在某年发生，保险公司也必须应对大量与飓风有关的索赔，另一种情形是飓风根本就没有发生，因此也没有任何索赔。许多大的保险公司拥有与地理、地震和气象数据有关的模型来估算灾难发生的概率以及相关损失，这些模型为确定保费数量提供了基础，但模型本身没有改变保险公司所面临的“全有或全无”（all-or-nothing）的风险特性。

与其他灾难保险类似，责任保险每年所支付的赔偿有所不同，赔偿量难以估计。例如，由于石棉对工人的危害而触发的索赔为美国的保险公司带来了昂贵的费用，责任保险的一个特性被称为长尾风险（long-tail risk）。长尾风险是指在投保期过后的若干年出现索赔的可能性。对于石棉，健康危害在接触石棉 12 年后才表现出来。因此，保险索赔往往是与几年以前的保险合约有关，这一特性为精算师和会计师带来了麻烦，保险公司不能在每年年末马上结账，并计算盈亏，保险公司必须考虑那些现在并没有出现，但今后某一段时间可能出现的索赔。

从保险公司的角度，可以对财产及伤害险的索赔以及发生索赔的频率和破坏程度进行分类。那些高频率及低损失的索赔事件（例如，失窃），每年保险费用相对比较容易预测，但是，那些低频率及高损失的索赔事件（例如，灾难风险和责任风险），每年费用相对难以预测。

3.5.1 巨灾债券

衍生产品市场已经出现了若干种不同的产品用于对冲灾难风险，最为流行的产品是巨灾债券，这些债券通常由保险公司的子公司发行，其券息比一般债券高，为了收入高券息，债券的持有者必须当某种类型的灾难事件发生时承担损失。债券条款可能会阐明，债券的券息以及本金（或者两者）都可以用来支付保险索赔。

假定某保险公司在加州对地震有 7 000 万美元的风险暴露，这家公司想对于损失超出 4 000 万美元的部分买入保护，保险公司可以发行巨灾债券，面值为 3 000 万美元，当地震发生时，如果保险公司在加州的损失超过了 4 000 万美元，债券持有人将失去其部分或全部本金。第二种做法是，保险公司可以发行一个更大数额的债券，使得只有券息会受到地震损失的影响。还有一种做法是发行 3 类不同的债券，其承担损失范围分别为 4 000 万 ~ 5 000 万美元、5 000 万 ~ 6 000 万美元、6 000 万 ~ 7 000 万美元。巨灾债券的特性是其投资人有很高的概率获取高券息，同时蒙受高损失的概率较低。

为什么有投资者对以上产品感兴趣呢？原因在于巨灾债券风险与市场风险之间没有统计上的强相关性[⊖]，正因为如此，巨灾债券往往会吸引投资人的注意力，这些债券没有系统风险，因此它们的整体风险完全可以在一个大的交易组合中得以分散，如果一个巨灾债券预期回报大于无风险利率（通常是这样），那么这种债券可以用于改善风险回报替换关系。

⊖ 见 R. H. Litzenberger, D. R. Beaglehole, and C. E. Reynolds, “Assessing Catastrophe Reinsurance-Linked Securties as a New Asset Class,” *Journal of Portfolio Management*, Winter 1996, 76－86。

3.5.2 财产保险公司计算的盈亏比率

保险公司对于不同类型的保险要计算赔付率（loss ratio），等于一年内赔偿数量与全部保费的比。一般来讲，这一赔付率大约在60% ~80%，A. M. Best发表的统计数据显示，这一比率在美国正在逐渐升高。保险公司的费用比率（expense ratio）是指每年费用与全部保费的比，保险公司的两个最大费用是理赔费用（loss adjustment expense）及销售费用（selling expense）。理赔费用是指为了确认索赔是否合法以及确认索赔数量所触发的费用，销售费用包括对保险经纪的支付以及购买其他业务所带来的费用。在美国，销售费用比率大约在25% ~30%，这一费用每年都有减小的趋势。

综合赔付率（combined ratio）是赔付率与费用比率的和。假定对于某个保险合约，在某年的赔付率为75%，费用比率为30%，综合赔付率便是为105%。有时保险公司会支付一定小数量的分红给投保人，假定分红为保费的1%，将分红考虑在内，我们可以求得分红后的综合赔付率（combined ratio after dividends），在我们的例子中，这一比率为106%，该比率说明保险公司对于这一保险合约的税前损失为6%。但事实并非如此，因为保费是在每年年初由投保人向保险公司支付，而索赔赔偿是在一年中，或在之后的一年由保险公司向投保人支付，保险公司因此可以挣得在收入保费及支付赔偿损失之间的利息。假定在我们的例子中投资收入为保费的9%，将投资收入考虑在内，我们求得的比率为106% -9% =97%，该比率被称为运作比率，表3-2是对这一例子的总结。

表3-2　财产保险公司计算运作比率的过程

赔付率	75%	分红后综合赔付率	106%
费用比率	30%	投资收入	(9%)
综合赔付率	105%	运作比率	97%
股息分红	1%		

3.6 健康保险

健康保险具有某些财产及伤害险的特性，也具有人寿保险的特性。有时这类保险被列为一个单独的保险类型。不同国家政府所提供的健康服务各有不同。在美国，政府提供的公众健康服务十分有限，选择保险公司是大多数人考虑的一项重要事项，在美国大约有16%的人口没有健康保险。加拿大是另一个极端，加拿大几乎所有的健康服务均是由政府资金来支持，医生基本不能私下行医，加拿大健康保险的主要作用是为了担负政府不承担的处方药费及牙医费用。在大多数国家，公共医疗体系及私人医疗体系共存。例如，英国有公共医疗体系，但人们在买入保险后也可以得到私人医疗服务，英国的私立医疗设施与公共医疗设施共同为病人提供服务（拥有私立医疗体系的优点是病人可以缩短非紧急外科手术的等待时间）。

与其他保险类似，健康保险的投保人需要按期支付保费，在一定投保事件发生后，保险公司要进行赔偿。在健康保险中，投保事件包括投保人的医疗检查、购买药品以及住院等。通常当整体医疗体系费用增加时，投保人的保费会增加，但如果只是投保人的健康状态恶化，保险公司不会增加保费。关于这一点，我们可以比较健康保险、汽车保险以及人寿保险运作的不同。如果投保人的驾驶记录显示将来赔偿的可能性增加，或是汽车修理费用增加，保险公司可以提高投保人的保费（保险公司确实是这么做的）；在人寿保险合约中，即使投保人被诊断患有严重甚至影响

寿命的疾病，人寿保险的保费不会增长；健康保险的保费与人寿保险的保费类似，即保险公司对赔偿风险预测的改变不会影响保费，但是，类似于汽车保险，整体索赔数量的增长会触发保费的增长。

当然，在最先开出保单时，保险公司会尽力确认自身承担风险的大小。在人寿保险方面，保险公司会质询投保人的健康状态，并且要求投保人的身体健康满足一定的条件，保险公司会要求投保人进行体检；在汽车保险方面，要调查投保人的驾驶记录；对于人寿保险及汽车保险，保险公司可以拒绝投保人的投保申请；在健康保险方面，保险公司要依据法律规定来确定是否拒绝投保人的申请。例如，美国的保险公司可以以投保人去年的健康诊断书为依据来否决投保申请，但不能以去年以前的诊断书为依据来否决投保申请。

健康保险常常是以雇主所提供的团体健康保险计划（group health insurance plan）给出，这些计划覆盖的对象一般包括雇员及雇员的家属，通常雇员并不会因为其健康条件差而遭到拒绝。保险费用通常是由雇主及雇员共同承担，不同计划的费用有所不同。在美国，大多数健康保险计划会覆盖投保人基本的体检费用和对一些常见病的治疗带来的费用，以及住院费用。有时孕妇的费用可能在也可能不在保险范围内，美容手术费用一般不在健康保险范围内。

3.7 道德风险以及逆向选择

我们接下来讨论保险公司面临的两类风险：道德风险（moral hazard）和逆向选择（adverse selection）。

3.7.1 道德风险

道德风险是指因为保险合约的存在造成持保人的行为与不持保时的行为有所不同，从而触发的风险，这种不同的行为往往会增加保险公司的风险，预期赔偿也会增加。道德风险的实例包括以下几个方面。

（1）一个车主买入汽车失窃保险，因此，这位车主不锁车门的可能性会更大；

（2）某人买入一种健康保险，正是因为保险的存在，投保人可能会更多地利用医疗服务设施；

（3）因为存在政府资助的存款保险，所以银行可能会承担更多的风险，银行认为这么做并不会失去存款人（我们在第2.3节曾讨论过这一点）。

道德风险并不是人寿保险公司面临的一个大问题，传统上，保险公司采用几种办法来应对财产及伤害险以及健康保险中的道德风险问题。一般来讲，保险公司在进行理赔时要求投保人首先支付保险扣除额，这意味着投保人首先要承担损失的第一部分，有时保险合约中会阐明共同保险条款（co-insurance provision），保险公司只是支付损失超出扣除额之上损失的一定比例（而不是100%），另外，保险合约中一般会设定一个保单限额（policy limit，即赔偿的上限），这些条款的目的是保证投保人与保险公司利益的一致性。

3.7.2 逆向选择

逆向选择（adverse selection）用于描述保险公司在提供保险之前不能区分好的风险和坏的风险而带来的问题，对于不同客户，保险公司提供的产品价格一样，这样就会给保险公司带来更多不利的风险。如果一家保险公司不能区分好的驾驶员和差的驾驶员，如果这家公司对于好的驾驶员及差的驾驶员所提供的保险价格相同，这会造成保险公司吸引更多差的驾驶员来投保；如果一

个保险公司不能区分健康和不健康的投保人，如果对于健康和不健康的投保人所提供的保险价格相同，这家保险公司肯定会吸引更多不健康的投保人。

为了降低逆向选择的不利影响，保险公司在提供保险之前尽量会找到投保人的信息。在提供人寿保险之前，保险公司常常要求投保人在指定的医生那里体检；在提供汽车保险之前，保险公司会尽量取得投保申请人的驾驶记录，而在汽车保险投保后，保险公司也会继续收集投保驾驶员的风险信息（例如，车祸的次数和超速驾驶的次数等），根据这些信息，保险公司对于保费的数量每年要相应做出调整。

逆向选择问题不可能完全被克服。有趣的是，即使实现了体检设定要求，买入人寿保险投保人死亡的概率往往会比平均死亡率更大。同时，买入年金产品的投保人生存的概率比平均死亡率表中反映的生存概率会更大。

3.8 再保险

再保险（reinsurance）是保险公司从其他保险公司买入保险，使自己免受巨大损失的一种手段。卖出保险的第2家保险公司会得到一定手续费，但要为第1家保险公司的投保事件出现损失时提供赔偿。与没有再保险的情况相比，再保险合约可以使保险公司承销更多的保险合约。再保险合约的对手往往是其他保险公司或一些私人企业，还有一些是专门经营再保险业务的公司，例如瑞士再保险（Swiss Re）以及沃伦·巴菲特的伯克希尔－哈撒韦公司等。

再保险合约有若干种形式，假定一家保险公司对于佛罗里达州有1亿美元关于飓风的风险暴露，这家公司想将其风险暴露降至5 000万美元，该公司的一种选择是进入一个再保险合约，对手将按比例承担50%的损失（对手因此也会收到保费的50%）。如果在某一年暴风所带来的损失为7 000万美元，保险公司支付的赔偿只是0.5×7 000万=3 500万（美元），再保险公司支付的赔偿也是3 500万美元。

另一种更为流行的做法涉及的再保险保费会更低一些，保险公司可以买入再保险来应对超出成本层（excess cost layers）的损失。例如，第1层的赔偿是为了覆盖5 000万~6 000万美元的损失；接下来一层的赔偿是为了覆盖6 000万~7 000万美元的损失，并依此类推，每一个再保险合约均被称为超额赔款（excess-of-loss）再保险合同。

3.9 资本金要求

人寿保险公司以及财产保险公司的资产负债表有所不同，原因在于这两类保险公司所面临的风险各不相同，因此为将来的赔偿所设定的储备金也有所不同。

3.9.1 人寿保险公司

表3-3是某人寿保险公司简化的资产负债表。人寿保险公司的大多数投资为企业债券，保险公司会尽量将其资产与负债的期限进行匹配，但是该类保险公司会承担信用风险，因为债券的违约率可能会比预期的更高。

与银行有所不同，保险公司的资产和负债都会给公司带来风险，赔付储备金（资产量的80%）是由精算师基于赔偿数量而得出，当人寿保险投保人的死亡时间提前或年金持有人的寿命较长时，这一估计值可能会太低，资产负债表中10%的股权包括最初股权人投资以及留存收益（retained earning），股权为赔付提供了缓冲，例如，如果赔偿数量超出储备金的数量达到资产总量

的5%，股价会下跌，但保险公司不会破产。

3.9.2 财产保险公司

表3-4是某财产保险公司的简化资产负债表，表3-3与表3-4最重要的不同之处在于经营财产保险公司的股权占资产的比率要远高于人寿保险公司股权占资产的比率。二者之所以不同，是因为这两类保险公司所持有的风险不同，财产保险公司面临的赔偿要远比人寿保险公司面临的赔偿难以预测，谁会知道飓风袭击迈阿密的具体时间？谁能预测下一个因石棉事件所触发的索赔量有多大呢？资产负债表中负债部分中尚未挣得的保费（unearned premium）是指今天已经收到的保费，但这些保费适用于将来的时间段。如果一个持保人在6月30日付清了一年的保费，为2 500美元，截止到12月31日，保险公司只挣得了1 250美元。表3-4中的投资主要由流动性好的债券构成，表3-4中债券的期限比表3-3中债券的期限要短。

表3-3 某人寿保险公司简化的资产负债表

资产		负债净价值	
投资	90	赔付准备金	80
其他资产	10	长期次优先级债券	10
		股权资本	10
总计	100	总计	100

表3-4 某财产保险公司简化的资产负债表

资产		负债净价值	
投资	90	赔付准备金	45
		尚未挣得的保费	15
其他资产	10	长期次优先级债券	10
		股权资本	30
总计	100	总计	100

3.10 保险公司面临的风险

保险公司面临的最显著的风险是其储备金总量不能满足投保人的索赔数量。虽然保险精算师的估计通常十分保守，但赔付总量超出估计数量的可能性仍然存在。除了以上风险，保险公司还面临自身投资资产表现不佳的风险。保险公司的大多数投资资产为企业债券，如果企业债券的违约高于平均值，保险公司的盈利一定会受到不利影响。保险公司的债券组合要做到在不同的业务行业及区域多元化，保险公司也要监测自身投资资产流动性的表现。与上市或交易活跃的债券相比，流动性差的债券（illiquid bond，例如保险公司买入的私募基金）通常会提供较高的收益率，但是，这些债券并不易于转换为现金并用于支付没有预计到的高数量的索赔。保险公司要与银行及再保险公司进行业务往来，这会给保险公司带来信用风险。同银行类似，保险公司从事业务也会面临操作风险及业务风险（business risk）。

监管部门一般会阐明保险公司的最低资本金要求，这些资本金为保险公司所面临的风险提供缓冲。与银行类似，保险公司也纷纷研发了内部模型来计算经济资本金（即保险公司自身所估计的应持有的资本金数量（见第21章））。

3.11 监管条款

美国和欧洲对于保险公司的监管方式不同。

3.11.1 美国

美国1945年通过的《麦克伦－弗格森法》（McCarran-Ferguson Act）肯定了保险公司的监管应在州际范围，而不是在联邦范围（与这一点不同的是，银行监管是在联邦范围）。这意味着一

个在全美范围内经营业务的保险公司必须要应对50个不同的监管机构，我们常常见到有人提出将保险监管转为联邦式的建议，美国保险监督官协会（National Association of Insurance Commissioners，NAIC）为州际的监管当局提供服务，例如，该委员会为所有经营财产保险的公司提供关于赔付率的统计数据，这样做可以帮助州际监管当局识别那些赔付率超出正常范围的保险公司。

保险公司要向州际监管局提供详细的财务报告，并且州际监管人员要定期现场检查，监管当局采用由NAIC确定的、经风险调节的标准来确定资本金的数量。资本金设定的数量大小是为了应对以下风险：保险储备金的设定不足于满足赔付交易中的对手违约，以及投资资产收入比预期要差。

投保人的利益在保险公司解体时（即不能支付索赔赔偿时）受到保险联盟的保护，一个保险公司想在某州取得经营执照，首先得成为保险联盟的成员，当该州内的另一家保险公司破产时，这个州内的其他保险公司必须向州际保险担保基金（state guaranty fund）支付一定的资金，支付的资金数量与保险公司这一州内收入的保费有关。州际保险担保基金首先用于支付破产保险公司的小额投保人（小额投保人的定义在不同州的含义也各不相同）。保险公司每年向担保基金支付的资金可能会有一个上限，这一规定可能会造成投保人要等上若干年才能拿回担保基金支出的关于索赔的全部赔偿。对于人寿保险，保单会持续很多年，破产保险公司的持保人往往会由其他保险公司接管，但是接管的保险公司可能会对保单进行修改，修改后的保单对持保人可能会变得更加不利。

美国保险公司的担保系统与银行担保系统有所不同。在银行系统中，银行通过利用自身的国内存款设定了一个永久基金，保险系统中没有这样的永久基金，在某个保险公司解体后，其他保险公司必须贡献一定的资金。纽约州是一个特例，因为该州设定了一个永久保险担保基金。

3.11.2 欧洲

欧洲的保险公司是由欧盟共同监管，这意味着从理论上讲，一个统一的保险监管框架适用于欧洲所有的保险公司，这一框架最先创立于20世纪70年代，被称为偿付能力法案Ⅰ（Solvency Ⅰ），该法案的设定受荷兰Campagne教授的研究结果影响很大，Campagne教授的研究结果显示，如果资本金等于准备金数量的4%，那么保险公司将有95%生存的机会。投资风险没有纳入偿付能力法案Ⅰ中。

欧洲的若干国家，像英国、荷兰及瑞士等，均提出了自身的计划以应对偿付能力法案Ⅰ中的不足。欧盟现在正在致力于偿付能力法案Ⅱ（Solvency Ⅱ）的研究，这一最新法案比最初的法案考虑的风险类型更广泛。我们将在第11章进一步讨论偿付能力法案Ⅰ和Ⅱ。

3.12 养老金计划

养老金计划是公司为其雇员创立的，一般来讲，在雇员为公司工作时，雇主和雇员都要为养老金供款，当雇员退休以后，他在其余生内将得到养老金收入，因此，养老金的建立涉及由正规供款来创立能持续雇员一生的年金产品，这与人寿保险公司提供的产品十分相似。市场上有两种养老金计划，即固定受益（defined benefit）计划和固定缴款（defined contribution）计划。

在固定受益计划中，雇员在退休后所得到的养老金数量由该计划事先定义，通常计算方式是与雇员为公司服务的时间以及雇员的工资有关的公式。例如，每年的养老金数量等于雇员最后为公司服务的3年的平均工资乘以雇员为公司服务的时间长度，然后再乘以2%，如果雇员先于其配偶辞世，那么其配偶仍然能拿到养老金（数量有所减少）；如果雇员在受雇期间辞世，养老金通常会向雇员的配偶及子女一次性支付一笔款项，并且每月还要向其支付一定收入。有时养老金

的数量随通货膨胀每年进行调整，这种调整被称为指数化（indexation），例如，一个固定受益养老金计划每年的指数化可以是按消费者价格指数（CPI）增量的75%进行递增。

在固定缴款计划中，雇主及雇员的供款均以雇员的名义进行投资。当雇员退休时，雇员有几种选择将供款最后数量（包括投资增量）转换为年金产品，有时雇员可以选择收到一次性付款而不是年金。固定缴款计划与固定受益计划的区别在于固定缴款计划的资金与雇员挂钩，在固定缴款计划中，每个雇员均有一个投资账户，雇员所收到的养老金数量均以雇员账户中的资产数量为基准。相反，在固定受益计划中，所有的供款均集中于一个投资组合，给退休雇员支付的养老金均来自这个投资组合。美国的401(K) 计划是一种形式的固定缴款计划，雇员可以选择将其一定数量的收入直接投放这一计划（可能还会有雇主的相同数量的供款），雇员可以在不同类型的投资产品（例如股票、债券、货币市场产品等）中进行投资。

固定受益计划及固定缴款计划的一个关键特性是雇员的收入税被延迟了，雇员向养老金支付的款项是免税的，并且雇主向养老金的支付可以在收入表中减除，雇员只有在收到养老金收入时才需要缴税。

固定缴款计划对于雇主而言没有任何风险，如果养老金计划的投资比预期差，雇员将承担所有的费用；相反，固定受益计划为雇主带来了非常大的风险，因为雇主最终要负责支付承诺的养老金数量。我们假定某固定受益计划中的资产数量为1亿美元，但精算师估算出的养老金债务的贴现值为1.2亿美元，该养老金资金不足数量达2 000万美元，雇主必须补齐这个资金缺口（通常需要若干年），固定受益计划给公司带来的这种风险造成了有些公司逐渐将固定受益计划转化为固定缴款计划。

对固定受益计划债务的贴现值进行估算不是一件容易的事情，估算中最重要的一点是如何选取贴现率。贴现率越高，养老金债务的贴现值越低。对将来的支付进行贴现的常见做法是以养老金资产中的平均回报率作为贴现利率，这种做法会鼓励养老金将资产投资于股票，因为股票市场的平均回报高于债券市场，这么做会将养老金债务压得很低，从账面上，这很看好。会计准则现在对养老金计划中的债务处理方式类似于对债券的处理方式，因此，会计准则要求债务的贴现率等于AA级债券的收益率，固定受益计划的资产价值与其债务的差别必须以资产或负债的形式纳入公司的资产负债表。因此，如果一个公司的养老金存在资金不足现象，那么公司的股权值会相应减少。如果养老金资产价值大幅下跌，而负债价值大幅上涨，会对公司的债务状态产生一个“完美风暴”（perfect storm，见业界事例3-2）。

业界事例3-2

完美风暴

1999年12月31日至2002年12月31日，股票指数S&P 500由1 469.25点跌至879.82点，跌幅达40%；同时20年期的美国国债收益率由6.83%跌至4.83%，跌幅达200个基点。这些事件的第一个影响是养老金资产的市价大幅下跌，另外一个影响是养老金负债的贴现率下降，因此精算师估算出的负债的公允价值（fair value）有所上涨。对于固定受益计划而言，以上两个效应促成了一个完美风暴。许多资金充足的养老金一下子变得资金不足，一些资金稍稍不足的养老金一下子变得资金严重不足，这3年间的股票价格下跌与利率的下跌为管理固定受益养老金的经理带来了噩梦。

新的会计规则要求养老金将资金盈余（资金不足）在资产负债表上注明为资产（负债），这一准则使得“完美风暴”对于公司的影响变得十分透明。我们现在对一些公司试图将固定受益计划转化为固定缴款计划的做法应该不再感到吃惊。

固定受益计划能行得通吗

典型的养老金计划会为其雇员提供最终工资的70%，并且公司要对养老金计划进行通货膨胀指数化调整。要做到这一点，我们要将雇员工作期收入的多少比率作为储备，才能保证养老金支出呢？对于这个问题的回答取决于我们对利率的假设，以及雇员收入的增长幅度等。如果我们咨询某保险公司来对公司所提供的养老金给出一个报价，保险公司给出的报价是：供款占工资收入的比率大约为25%（练习题3.15及作业题3.19给出了计算过程提示）。保险公司会将保费投资于企业债券（这与保险公司人寿保险保费以及年金合约的投资形式一致），因为投资于企业债券可以最好地将投资收入与赔偿进行匹配。

事实上，固定受益计划的供款（雇主加上雇员）远低于收入的25%，在一个典型的固定受益计划中，雇主和雇员的供款分别只占收入的5%，因此整体供款只是保险精算师所求得保费的40%，现在我们对许多养老金资金不足的现象也不应再感到吃惊。

与保险公司不同，养老金会将资产的一大部分投放于股票市场（典型的养老基金的投资组合是由60%股票及40%债券组成）。通过投资股票，养老金为补齐资金缺口并达到资金充足创造了机会，但同时也触发了资金严重不足的可能。如果股票市场表现好，例如，1960~2000年，世界上许多地区的股票市场表现甚佳，养老金完全可以应付自身的负债；但是如果股票市场表现不佳，例如，自2000年以来，股票市场表现令人失望，在这样的市场条件下，养老金会面临更多的问题。

以上的讨论触发了一个有趣的问题：谁为资产不足的养老金买单？答案是：第一个首先买单的人是公司的股权人，如果公司宣布破产，政府必须通过以其发行的保险为养老金计划买单[⊖]。以上两种情形，均存在将财富由下一代转移到退休人员中的现象。

这类资金不足问题对政府资助的养老金（例如，美国的社会保障（social security））也适用，政府资助养老金与固定受益养老金类似，它也需要定期地缴款，并给退休人士提供终身养老金收入。

许多人认为将财富由下一代转移给上一代的做法不可取，将养老金的供款比率提至25%也是不可接受的做法。如果固定受益养老金计划仍然持续，那么这种计划的条款一定要改革，由退休人员和下一代共同承担风险。如果在雇员受雇期内，市场表现不佳，退休人员必须接受较低的养老金收入这一现实；如果市场表现好，退休人员可以收到全额养老金收入，并且可以将养老金的额外收入转移给下一代。

长寿风险是养老金面临的主要风险，我们曾指出，1929~2004年，人类平均寿命增加了20年，如果这种趋势继续延续。截止到2020年，人类寿命将还要增加4.25年，固定受益计划中的资产不足问题（包括公司管理的以及政府管理的养老金）会变得更加严重。许多国家的雇员在超出正常退休年龄后仍然可以工作，这一点不奇怪，这样可以缓解养老金面临的资金短缺问题，一个受雇人决定在70岁而不是在65岁退休可以为养老金继续供款5年，另外，其接受养老收入的退休期也缩短了5年。

3.13 小结

保险公司经营业务有两类：人寿险和财产及伤害险。人寿保险公司提供一系列产品，这些产品在投保人死亡后会提供赔偿，定期寿险只是在投保人于一定时间段内死亡才提供赔偿，终身寿

⊖ 例如，美国的养老福利担保公司（Pension Benefit Guaranty Corporation，PBGC）为所有私有固定受益养老金提供担保，但如果该公司从不同养老金计划所收到的保费不能满足索赔数量时，政府必须介入。

险不管投保人在什么时刻死亡，均会提供赔偿。终身寿险中有一个储蓄因素，通常来讲，早期的投保费中不是为了满足预期赔偿的那一部分用于投资，投资所得是为后期的预期赔偿提供支持。终身寿险会给持保人带来税务优惠，因为投资回报的应缴税款一直被推迟到赔偿的支付日。

人寿保险公司也提供年金合约，年金合约的持有人首先支付一笔款项，之后保险公司在一定时间后为投保人提供终身支付。死亡率数据为保险公司的人寿保险及年金产品定价提供了重要数据，但是保险精算师还必须考虑以下风险：长寿风险（即投保人比预期寿命活得更长）以及死亡风险（由于艾滋病及西班牙流感等传染病造成某个人口群体寿命缩短的可能）。

财产及伤害险是为了对财产损失提供保险，同时也为个人及公司的法律责任提供保险，最难以估计赔偿数量的事件是那些与同一事件有关，但会触发众多持保人同时索赔的事件，这类事件包括地震和飓风，由法律责任所触发的赔偿数量通常也难以估计。

健康保险具有人寿保险及某些财产及伤害险的特性，健康保险的保费与人寿保险公司的保费类似，即公司对赔偿风险估计的改变不会触发保费的改变，但是如果整体健康系统的费用增加，保费也像在财产及伤害险中那样会有所增长。

保险公司面临两类重要风险，即道德风险及逆向选择风险。道德风险是指持有保险的个人及公司在持保后，行为有所改变而触发的风险；逆向选择是指买入保险的个人或公司所对应的预期赔偿相对较高而触发的风险。保险公司会采取措施尽量减少以上两类风险，但无论如何，保险公司不可能将两类风险同时消除。

保险公司的运作与银行的运作有所不同，我们在第 2.2 节曾讨论了银行运作。保险公司的资产及负债均面临风险。一个财产保险公司要比人寿保险公司持有更高的资本金，这里资本金比率是以资产为基准。在美国，保险公司监管部门是设定在州际水平，而不是联邦水平；在欧洲，保险公司受欧盟及各国政府的监管，欧盟现在正在致力于制定一套新的资本金管理规则，即偿付能力法案Ⅱ。

市场上有两类养老金计划：固定受益计划及固定缴款计划。固定缴款计划十分简单，由公司及雇员所支付的供款以雇员名义存于某个单独账户，资金以雇员名义投资，在雇员退休后，投资回报以及最初投资将被转换为年金；在固定受益计划中，雇员和雇主的供款被存入同一个资金库中然后进行投资，退休人员所得到的养老金数量取决于其受雇时的工资。固定受益计划的可行性现在已经受到一定质疑，许多固定受益计划资产不足，只有在股票市场表现异常出色的情况下，养老金才能满足当前退休人员及将来退休人员的养老金支付。

推荐阅读

Ambachtsheer, K. P. , *Pension Revolution: A Solution to the Pensions Crisis.* Wiley, 2007.

Canter, M. S. , J. B. Cole, and R. L. Sandor, "Insurance Derivatives: A New Asset Class for the Capital Markets and a New Hedging Tool for the Insurance Industry," *Journal of Applied Corporate Finance*, Autumn 1997: 69 - 83.

Doff, R. , *Risk Managemen t for Insurers: Risk Control, Economic Capital, and Solvency II*. Risk Books, 2007.

Froot, K. A. , "The Market for Catastrophe Risk: A Clinical Examination," *Journal of Financial Economics*, 60(2001): 529 - 571.

Froot, K. A. , *The Financing of Catastrophe Risk.* University of Chicago Press, 1999.

Geman, H. "CAT Calls," *Risk*, September 1994: 86 - 89.

Hanley, M. "A Catastrophe Too Far," *Risk, Supplement on Insurance*, July 1998.

Litzenberger, R. H. , D. R. Beaglehole, and C. E. Reynolds. "Assessing Catastrophe ReinsuranceLinked Securities as a New Asset Class," *Journal of Portfolio Management*, Winter 1996: 76 - 86.

练习题

3.1 定期寿险和终身寿险的区别是什么？解释终身寿险在税务处理方面的优势。

3.2 解释变额寿险和万能寿险的含义。

3.3 一家保险公司同时提供终身寿险和年金产品，这两种合约哪一种对以下风险会有风险暴露？（a）长寿风险；（b）死亡风险。

3.4 “公平保险公司给持保者发放了免费的期权”，讨论这一期权的特性。

3.5 利用表3-1计算保险公司给出的，一个关于50岁女性，面值为100万美元，两年期的人寿保险最低保费，假定保费是在年初支付，利率为0。

3.6 由表3-1来计算一个30岁男性会活到90岁的概率为多大？同样，一个30岁女性会活到90岁的概率为多大？

3.7 财产保险公司保单上的条款哪一条会触发最大的风险？

3.8 解释巨灾债券的运作。

3.9 考虑两个债券，它们具有同样的券息、期限以及价格，一个债券为B级企业债券，另一个为巨灾债券，历史数据显示这两个债券的预期风险相同，假定你为组合资产经理提供咨询，你将推荐哪一个债券，为什么？

3.10 美国的保险公司与加拿大及欧洲保险公司的不同之处在哪里？

3.11 一家保险公司决定是否为某人失业提供保险，保险公司面临的问题是什么？

3.12 为什么财产保险公司持有的资本金要高于人寿保险公司？

3.13 财产保险公司所计算的“赔付率”和“费用比率”的含义是什么？如果一家保险公司盈利，那么其赔付率加上费用比率一定会小于100%，讨论这个观点。

3.14 固定受益养老金计划及固定缴款养老金计划的区别是什么？

3.15 假定在一个固定受益养老计划中

（a）雇员为公司工作40年，工资随通货膨胀而增长；

（b）雇员退休时所得养老金为工资的75%，养老金也随通货膨胀而增长；

（c）退休人员将收入20年养老金；

（d）养老金的收入将投资于债券，债券收益等于通货膨胀率。

如果公司没有破产（即仍支持养老金），雇员的供款作为工资的比率至少是多少？（提示：在计算中采用实际货币而不是名义货币。）

作业题

3.16 采用表3-1来计算保险公司为一个60岁男性提供的面值为500万美元，期限为3年保险的最低保费。假定保费是在每年年初支付，死亡发生在年正中，无风险利率为每年6%（每年复利两次）。

3.17 某家保险公司假定某类损失的分布可以被合理地估计为正态分布，均值为1.5亿美元，标准差为5000万美元（假定风险中性的损失与真实世界的损失没有差别），一年的无风险利率为5%，估计以下合约的费用。

（a）一个按比例承担保险公司一年内60%损失的合约。

（b）在1年内，当损失超过2亿美元时，合约将承担1亿美元的损失。

3.18 假定某年利率降低了200个基点（2%），股票价格没有变化，讨论这个市场变化对一个将60%资产投资于股票市场，同时将40%资产投资于债券市场的固定受益养老金计划的影响。

3.19 假定在一定固定受益养老金计划中：

（a）雇员为公司工作45年，工资以实际利率2%递增；

（b）退休人员收入的养老金为最终工资的70%，养老金递增比率为通货膨胀率减去1%；

（c）在18年后收到养老金付款；

（d）养老金的收入将投资于债券市场，回报率等于通货膨胀率加上1.5%。

假定公司仍不破产，计算雇员供款应占工资的比率（提示：在计算时采用实际货币而不是名义货币。）

CHAPTER 4

第 4 章

共同基金和对冲基金

共同基金（mutual fund）和对冲基金（hedge fund）代表个人和企业投资，在这两种形式的投资方式中，不同投资人的资金被汇集到一起进行投资，投资资产的选择由基金经理确定，投资的原则是为了达到某个事先阐明的目的。某些国家将共同基金称为“单位信托”（unit trusts），其目的是为了满足一些相对较小规模的投资人需求，对冲基金是为了吸引一些富有的个人以及类似于养老金的机构投资人。对冲基金所受的监管规定要远远弱于共同基金，同共同基金相比，对冲基金可以实施较大范围的投资策略，对冲基金的运作透明度相对较差。

本章我们将讨论不同形式的共同基金及对冲基金，我们将讨论对于这些基金的监管方式以及基金的收费形式，我们还将讨论这些基金如何为投资人提供丰厚的回报。

4.1 共同基金

对于小客户而言，共同基金所提供的一个投资亮点是基金所提供的分散化投资机会。如我们在第 1 章看到的，分散化投资会改善投资人风险与回报的平衡关系，但一个小的投资人很难持有大数量的股票来保证投资组合达到良好的风险分散，另外，持有一个风险分散良好的投资组合可能会触发较高的交易费用。共同基金为投资人提供了一个好的投资途径，许多小的投资人将资金汇集到一起进行投资，在付出较小费用的前提下达到风险分散的效应。

表 4-1 美国共同基金资产的增长幅度

年份	资产（10 亿美元）
1940	0.5
1960	17.0
1980	134.8
2000	6 964.6
2008	10 630.7

资料来源：Investment Company Institute.

共同基金在第二次世界大战后增长很快。表 4-1 是对自 1940 年以来的共同基金持有资产规模的估计。截止到 2008 年，共同基金资产规模已经超过 10 万亿美元，大约有 50% 的美国家庭拥有共同基金，有些共同

基金由专长于资产管理的公司提供，例如富达基金（Fidelity）。其他基金是由银行提供，例如摩根大通。有些保险公司也提供共同基金，例如，2001 年，美国大型保险公司州立农业保险公司（State Farm Insurance）在美国开始提供 10 种不同的共同基金，客户可以通过网络或电话从州立农业保险公司的代理人那里购买基金。

共同基金受美国证券交易委员会监管，共同基金必须在其招股说明书上向潜在的投资人阐明基金的运作目标。市场上现在有不同形式的共同基金：

（1）投资于期限大于 1 年的固定收益证券的证券型基金；

（2）投资于普通及优先股的股票基金；

（3）投资于股票、债券及其他产品的混合式基金；

（4）投资于期限小于 1 年的有息证券的货币市场基金。

股票市场共同基金是基金中至今为止最为流行的一种。在共同基金中，基金的投资人拥有基金的一定数量。最为常见的共同基金是开放式（open-ended）基金，这意味着共同基金的总量在更多的投资人购买基金时，会有所增长；在更多的投资人卖出基金时，会有所下降。共同基金的价格是在每天下午的 4 点定出，为了定出价格，共同基金经理要计算出共同基金资产各项资产的价格，并以此定出基金的整体价格。每份基金的价格等于基金整体价格除以共同基金的数量，该价格被称为净资产价格（net asset value，NAV）。投资人可以随时从基金中买入基金份额，也可以向基金卖出份额。当投资人发出买入及卖出共同基金份额指令时，下一个计算出的净资产价格会应用到交易中，例如，如果一个投资人在某个业务日的下午 2 点决定买入一个份额，下午 4 点计算出的净资产价格将会用于决定投资人应付金额的数量。

投资人通常要为拥有基金投资中的资产而付税，因此当基金收到股息分红时，基金的拥有人必须为所得股息付税，即使投资人将股息再投资于基金，也仍需要付税；当基金卖出证券时，投资人会马上得到股本的收益或亏损，即使投资人将卖出基金所得的资金再次投入基金，他仍然会有股本的收益或亏损。假定某投资人最初以 100 美元买入一定数量的基金，因为基金资产交易，投资人在第 1 年有每股 20 美元的股本收益，而在第 2 年有每股 25 美元的股本亏损，投资人必须在第 1 年申报 20 美元的股本收益，而在第 2 年申报 25 美元的股本亏损。当投资人卖出基金份额时，也会有股本收益或亏损。为了避免被重复计量（double counting），每份基金要进行调节以反映已被计入的投资人盈亏。在我们的例子中，如果投资人在第 1 年末卖出基金份额，投资人买入的价格会被定为 120 美元，这样做可以保证计算股本的盈亏；如果投资人在第 2 年年末卖出基金份额，投资人用于计算股本盈亏的价格会被定为 95 美元。

4.1.1　指数基金

某些基金的设计是为了跟踪特定的股票指数，例如 S&P 500 和 FTSE 100。为了确保跟踪效果，最简单的做法是买入指数中的所有股票，买入股票的数量要反映股票在指数中的权重，例如，如果 IBM 在某个股指中的权重为 1%，那么 1% 跟踪股指的交易组合要投资于 IBM 股票，另外一种跟踪股指的做法是选择一个小型股票组合，股票数量的选取要经过研究，来保证这个小型股票组合确实可以有效地跟踪选定的股票指数。另外一种跟踪股指的做法是利用股指期货。

在美国市场，最先推出的股指基金之一是由约翰·博格尔（John Bogle）于 1975 年 12 月 31 日给出的跟踪 S&P 500 的股指基金。在最初发行时，基金共持有价值达 1 100 万美元的资产，这一基金最初被调侃为“非美国式”（un-American）和“Bogle 傻帽”（Bogle's folly）。后来，这家基金被命名为 Vanguard 500 指数基金（Vanguard 500 Index Fund）。1999 年 11 月，该基金账下管理资产达 1 000 亿美元。

指数基金能够多么准确地跟踪指数呢？包括 Vanguard 500 指数基金在内的某些基金，在不同年间与指数表现十分接近，但一些其他基金表现并不是很好。专门监测共同基金表现的组织给出

的一个调查报告显示，股指基金在2003年跟踪指数的平均误差为38个基点，这意味着股指共同基金回报与指数回报的平均数量差为0.38%。

4.1.2 费用

共同基金有几种不同形式的费用，其中包括经营费用、营销佣金支出、会计费用以及其他管理费用、交易费用等。为了补偿这些费用，并同时取得盈利，基金管理人会向投资人收费。前端收费（front-end load）是管理人向投资人首次买入基金份额时收取的费用，并不是所有基金均收取这个费用，收取这种费用的基金被称为前端收费型，在美国，前端收费的数量不能超过投资数量的8.5%。有些基金在投资卖出基金份额时也收费，这类基金被称为后期收费型（back-end load）。所有的基金均收取年费。有些基金会专门收费来支付管理费，产品分配费用等。总费用比率（total expense ratio）是基金每份所收取的费用与每份基金价格的商。

Khorana等研究人员比较了18个不同国家共同基金的收费[1]。Khorana等人在他们的分析中假定投资人会持有基金5年，因此每年的总持有费用（total shareholder cost）等于

总费用比率 + 前端收费 /5 + 后期收费 /5

表4-2是对其研究结果的总结，股权基金的平均费用由澳大利亚的1.41%到加拿大的3%不等，股权基金的收费平均高于债券基金收费约50%，指数基金的收费低于常规基金的收费，这是因为基金不需要雇用那些高薪酬的股票选股员及分析员，某些美国指数基金的费用低至每年0.15%。

表4-2 共同基金每年的平均费用
（作为资产的比例）

国家	债券基金	股票基金
Australia	0.75	1.41
Austria	1.55	2.37
Belgium	1.60	2.27
Canada	1.84	3.00
Denmark	1.91	2.62
Finland	1.76	2.77
France	1.57	2.31
Germany	1.48	2.29
Italy	1.56	2.58
Luxembourg	1.62	2.43
Netherlands	1.73	2.46
Norway	1.77	2.67
Spain	1.58	2.70
Sweden	1.67	2.47
Switzerland	1.61	2.40
United Kingdom	1.73	2.48
United States	1.05	1.53
平均	1.39	2.09

注：假定基金被持有5年。
资料来源：Khorana, Servaes, and Tufano, "Mutual Fund Fees Around the World," *Review of Financial Studies*。

4.1.3 封闭式基金

截止到目前，我们讨论的基金均为开放式基金。开放式基金是最普遍的共同基金形式，基金中的份额数量每天都有所变化，这是因为每天都有投资人买入或卖出基金份额。封闭式基金就如同一般企业，其基金份额数量固定，基金份额每天都在股票交易所交易。对于封闭式基金我们可以计算两类净资产价值，第一种净资产价值是关于交易中的基金份额价值，另外一种净资产价值等于基金组合的市场价值除以全部份额数量。第二个净资产价值被称为基金份额的公平市值（fair market value）。一般来讲，封闭式基金份额价值小于其公平市值，有一些研究人员试图对这一现象找出原因，罗斯的研究结果显示，对基金经理支付的费用可以解释这一点[2]。

---

[1] See A. Khorana, H. Servaes, and P. Tufano, "Mutual Fund Fees Around the World," *Review of Financial Studies*, 22 (March 2009): 1279-1310.

[2] S. Ross, "Neoclassical Finance, Alternative Finance, and the Closed End Fund Puzzle," *European Financial Management*, 8 (2002): 129-137.

4.1.4 交易所交易基金

交易所交易基金（Exchange Traded Fund，ETF）在 1993 年首次出现于美国市场，并在 1999 年出现于欧洲市场[⊖]，该类基金通常是跟踪某个指数，因此 ETF 产品是那些期望投资于股权基金，并满足于取得股指回报近似收益的投资人的另一种投资产品。2008 年 3 月，一项对专业投资人士的调查显示，67% 的被调查对象认为 ETF 是过去 20 年来最有创造性的投资工具，并且有 60% 的被调查人员认为 ETF 从根本上改变了他们构造投资组合的方式。2008 年，美国证券交易委员会批准了主动性管理的 ETF 基金成立（但要求这些基金的管理方式要透明）。

ETF 是由机构投资者创立的产品，一般来讲，某个机构投资人首先将一系列资产存放于 ETF 基金，并因此取得 ETF 份额（也称为创设单位（creation unit）），某些或全部的 ETF 份额会在股票交易所卖出，这赋予了 ETF 某种封闭式基金而非开放式基金的特性。但 ETF 的一个重要特性是机构投资人可以将 ETF 中的大量份额在这一时刻转化为份额中的资产，投资人可以放弃他们持有的 ETF 份额并且收入资产，或者他们可以存入资产并且收入新的份额，这么做的目的是保证 ETF 在交易所交易的价格与其公允价格没有太大出入，这一特性正是 ETF 与封闭式基金的重要区别，它使得 ETF 对投资人来讲比封闭式基金更有吸引力。

与开放式基金相比，ETF 有若干好处，ETF 可以在一天的任意时刻被买入或卖出，投资人可以像卖空股票那样来卖空 ETF（见第 5 章关于卖空策略的讨论），ETF 的持有资产每天要被公布两次，这保证了投资人会对基金中的资产有充分了解。与之相比，共同基金公布其资产的次数没有这么频繁，当共同基金的份额被卖出时，基金管理人常常要卖出基金中的所持股票以确保拥有足够的资金来支付给投资人，而当 ETF 的份额被卖出时，并不一定非要卖出资产，这是因为其他投资人可以提供现金，这意味着管理人可以节省交易费用，同时股权人也可以避免无计划的股本盈亏。最后，ETF 的费用比率一般低于共同基金的费用比率。

4.1.5 共同基金的回报

一个主动性管理共同基金的回报会高于 S&P 500 的股票指数吗？有些基金在某些年内确实表现出色，但这些突出表现可能是因为运气好，而不是因为管理出色。关于回报，研究人员要问的两个重要问题是：

（1）平均来讲，一个主动性管理基金会比股指表现更好吗？

（2）在第 1 年表现好的基金，在第 2 年会持续吗？

对于以上两个问题的回答看来都是否定的。在一个经典的研究中，Jensen 采用 115 个基金的 10 年数据来检验共同基金的表现[⊜]，在研究过程中，他计算了每年每个基金的阿尔法项（如第 1.3 节所示，阿尔法等于资金回报超出资本资产定价模型所预测的回报数量），即使将管理费用考虑在内，所有基金的平均阿尔法也稍稍为负值。Jensen 同时也检验了一个具有正的阿尔法的基金是否会持续产生正的阿尔法，表 4-3 是对 Jensen 结果的总结，表的第 1 行显示，在 1 150 个观察数据中，有 574 个基金具有正的阿尔法（近 50%），在这些具有正的阿尔法的基金中，有 50.4% 的基金在随后一年仍有正的阿尔法，表中的第 2 行显示，两年内基金的阿尔法为正时，在接下来一年基金的阿尔法为正的机会有 52%，表中的数据依此类推。表中结果显示，当一个基金经理在一年中（或几年内）

⊖ 交易所交易基金于 1989 年在加拿大市场已经出现，其名称为加拿大指数参与基金（Toronto Index Participation Fund）。——译者注

⊜ M. C. Jensen, "Risk, the Pricing of Capital Assets and the Evaluation of Investment Portfolios," *Journal of Business*, 42 (April 1969): 167 - 247.

取得了正的阿尔法以后，在接下来一年只有 50% 的机会取得的回报会高于平均回报。这些研究结果说明，基金经理取得正的阿尔法回报往往是因为运气，而不是因为投资技巧。某些经理人的回报会一直比市场平均回报好，但这些经理人只占整体经理人数量的一小部分。一些更新的研究结果也证实了 Jensen 的结论，平均来讲，共同基金经理的表现不会比市场表现更好，并且过去的表现不能代表将来，股指基金的成功说明了 Jensen 的研究结果确实影响了许多投资人的观点。

表 4-3 共同基金良好回报的一致性

取得正的 Alpha 的连续年份	观察到个数量	当下一年的 Alpha 为正的公司占比	取得正的 Alpha 的连续年份	观察到个数量	当下一年的 Alpha 为正的公司占比
1	574	50.4	4	79	55.8
2	312	52.0	5	41	46.4
3	161	53.4	6	17	35.3

共同基金常常会打出令人吃惊的回报收益率。但是，收益率也许是关于某个特殊的基金，这一基金可能是同一机构发行的众多基金中的一个，而这一基金可能回报高出所有基金的平均表现。将好运气与好表现进行区分并非易事。假定某个资产管理公司有 32 个基金，每个基金均采用不同的交易策略，假设基金经理没有什么特殊技巧，因此每个基金的年回报高出市场回报的机会为 50%，某个基金在连续 5 年内的回报均高于市场的机会为 $(1/2)^5$，即 1/32，这意味着在 32 个基金中，一定会有一个基金在 5 年内，表现会高于市场表现。

另外一点需要说明的是关于几年回报率的表达方式，一个共同基金的广告可能会说“在过去 5 年内，我们平均年回报为 15%”；另外一个广告可能会说“将您的财富投资于我们的共同基金，您的财富将以每年 15% 的比率增长”。以上两种说法听起来类似，但事实上它们有不同的含义，见业界事例4-1。在许多国家，监管当局设定管理规则来确保共同基金回报的报告方式不能误导投资人。

业界事例 4-1

共同基金的收益率可能会令人误解

假定某共同基金经理报告的在过去 5 年内的年收益率（以年复利）为 15%，20%，30%，-20%及25%。

这些收益的算术平均值等于以上 5 个数值的和除以 5，即 14%。但是如果一个投资者将资金投入该共同基金，并投资 5 年，那么其平均每年收益率会小于 14%。100 美元的投资在 5 年后的价值为

$$100 \times 1.15 \times 1.20 \times 1.30 \times 0.80 \times 1.25 = 179.40(\text{美元})$$

而以年复利 14% 的收益率计算，相应的值将为

$$100 \times 1.14^5 = 192.54(\text{美元})$$

5 年后，终端值为 179.40 美元所对应的年收益率为 12.4%，这是因为

$$100 \times 1.124^5 = 179.40(\text{美元})$$

那么，基金经理应该报告哪一个收益率呢？基金经理常常会做出以下声明“过去 5 年，我平均每年的收益率为 14%”。虽然这一声明没有错，但它会令人产生误解，而以下声明就不太会使人误解，“投资者在过去 5 年将资金投入我们共同基金所得收益为每年 12.4%”。在有些地区，监管当局要求基金经理以第二种形式报告收益率。

以上现象是数学家熟悉的一个著名结论：一组数据（不全部相等）的几何平均值总是小于算术平均值。在我们的例子中，收益每年的乘数项为 1.15，1.20，1.30，0.8 和 1.25。这些数字的算术平均值为 1.140，而它们的几何平均值为 1.124。一个将资金投资若干年的投资人所得收益率为几何平均值，而非算术平均值。

4.1.6 监管以及共同基金丑闻

因为共同基金是为了吸引小客户，而许多小客户的投资经验并不丰富，因此监管当局对共同基金设定了严格的管理规定。在美国，证券交易委员会是共同基金的主要监管机构。共同基金必须向证券交易委员会提交注册文件，基金在招股书中必须向潜在的投资人提供详尽、准确的财务报告，证券交易委员会也设定了监管规则以避免利益冲突、欺诈和收费偏高事件的发生。

即使存在监管条款，共同基金市场仍然会出现一定数量的丑闻，其中一种丑闻为逾时交易（late trading），如前所述，如果一个投资人在下午4点之前向其经纪人发出买入或卖出共同基金的指令，通常下午4点基金的净资产价格将用于确定价格，并由此而定出投资人应付或应收的资金数量。在实际中，因某种原因，买入或卖出指令有时在4点以前可能并没有由经纪人传给共同基金，这也会造成经纪人与投资人合谋，并在4点之后提出一个新的交易指令，或者在4点之后将原有指令进行修改。即使投资人使用4点后市场改变后的信息（尤其是海外市场的变动），但4点设定的净资产价格数量仍然对投资人有效。证券交易委员会监管条款禁止逾时交易，并在21世纪初对一些违规人员进行了起诉，并因此触发了数以百万计的罚款，许多共同基金经理也因此丢掉了饭碗。

另外一种丑闻被称为市场择时（market timing）。市场择时是指一些特殊的客户可以频繁地买入或卖出基金的份额（例如，每几天进行一次交易）而无须为此付出任何代价，他们之所以愿意这么做可能是他们沉溺于逾时交易带来的非法盈利，另外一个原因是他们试图找出那些近期价格没有更新的股票对基金净资产价格的影响。假定某只股票在几个小时内价格没有更新（这可能是因为股票交易不频繁，或是股票在不同时区的交易所交易）。如果美国市场在过去的几小时内上涨（下跌），计算出的净资产价格可能会低估（高估）基金的账下资产价值，因此市场上可能会产生短期交易机会，利用这样的机会并从中盈利并不一定违法。但是，如果共同基金给某些特殊客户一定交易特权，那么共同基金的做法就是违法，因为交易费用（例如，那些为满足客户经常性地卖出份额，而提供的流动性所触发的费用）由所有客户共同分担。

其他类型的丑闻包括“抢先交易”（front running）和“直接佣金”（directed brokerage）。抢先交易是指共同基金在计划一个大交易时，预计市场会受到影响，在交易前共同基金通知一些特殊客户和合伙人，允许他们事先自由交易。直接佣金涉及共同基金与经纪商之间的不当行为，其中经纪商向共同基金推荐客户，作为回报，共同基金向经纪商发出买卖股票及债券的指令。

4.2 对冲基金

对冲基金与共同基金的区别在于对冲基金所受的监管约束比共同基金少得多，这是因为对冲基金的资金局限于有财务经验的投资人和机构投资人。共同基金的监管条例包括以下5个方面。

（1）共同基金的客户可以随时兑现其持有的份额。

（2）净资产价值每天要进行计算。

（3）必须披露投资策略。

（4）对杠杆的局限性。

（5）不允许持有卖空头寸。

对冲基金往往不受以上条款的限制，因此可以有很大的自由度来开发复杂、非传统及自营投

资策略。对冲基金有时也被称为另类投资（alternative investments）。第一个对冲基金公司琼斯对冲基金（A. W. Jones & Co）是由阿尔弗雷德·温斯洛·琼斯（Alfred Winslow Jones）1949 年在美国创立的，其结构是一个普通合伙（general partnership）形式，创立这种形式的目的是为了避免证券交易委员会的监管。琼斯在其交易组合中持有他认为价格被低估的股票长头寸[㊀]，并同时持有他认为价格被高估的股票的短头寸[㊁]，并利用杠杆来放大回报率，该对冲基金将盈利的 20% 作为管理费，基金的表现十分出色，对冲基金这一名词是 1966 年卡洛尔·卢米斯（Carol Loomis）在报纸上发表的一篇关于琼斯对冲基金的文章中首先引入的，这篇文章指出，在扣除手续费后，对冲基金的表现比大多数共同基金要好。不出所料，这篇文章触发了投资界对对冲基金及对冲基金投资策略的极大兴趣。其他对冲基金的先驱还有，乔治·索罗斯、沃尔特·斯科洛斯（Walter J. Schloss）以及朱利安·罗伯逊（Julian Robertson）[㊂]。

对冲基金一词意味着基金的风险是被对冲的，琼斯的交易策略确实涉及对冲，他的头寸对市场的整体方向没有太大的风险暴露，因为他的长头寸（他认为被低估的股票）在任意给定时刻基本上与他的短头寸（他认为被高估的股票）持平，但是对于一些对冲基金而言，采用“对冲”（hedge）一词来描述并不合适，因为这些对冲基金在没有任何对冲策略的情况下对于市场的变动采用激进的投资策略。

数年来，投资基金的规模一直在增长，2008 年，对冲基金的回报十分不理想，但据估计，2008 年年底，世界上仍有超过 1 万亿美元的资金被投资到对冲基金。许多对冲基金注册地是在税率较为优惠的地区。例如，有 30% 的对冲基金将注册地定在开曼群岛。基金的基金（funds of funds）设定是将资金投资于不同的对冲基金。对冲基金是一种不能忽略的投资群体，据估计，纽约和伦敦股票市场每天成交额的 40% ~50% 与对冲基金有关，可转换债券交易量的 70% 与对冲基金有关，信用违约互换交易的 20% ~30% 与对冲基金有关，美国受压减值债券交易的 82% 与对冲基金有关，非投资级债券交易的 33% 与对冲基金有关，美国 ETF 交易的 70% 与对冲基金有关。

4.2.1 收费

对冲基金与共同基金的一个重要区别在于对冲基金的收费远高于共同基金，并且对冲基金的收费与基金的表现有关，对冲基金通常每年收取的管理费为其管理资产数量的 1% ~3%，这一费用是为了支付操作费用，但也可能是用于审计、会计管理以及交易员分红等，另外，对冲基金还会收取奖励费用（incentive fee），该费用通常是盈利（如果有）的 15% ~30%，奖励费用的设定是为了吸引最有天赋以及经验丰富的投资经理，因此，一种常见的对冲基金的费用被称为“2 加 20%”，是指对冲基金每年收取 2% 的资产管理费，并收取 20% 的盈利，除了收取较高的管理费，对冲基金通常会有一个资金锁定期（lock up period），即投资资金至少在一年内不能被抽回。有些业绩表现好的对冲基金收取的管理费高于平均收费，例如，赛克资产管理公司（SAC Capital Partners）的史蒂夫·科恩（Steve Cohen）收取的费用为“3 加 35%”，文艺复兴科技公司（Renaissance Technologies Corp.）的吉姆·西蒙斯（Jim Simons）的手续费为“5 加 44%”。因为在 2008

㊀ long position，又译为多头。——译者注

㊁ short position，又译为空头。——译者注

㊂ 沃伦·巴菲特也可以被认为是对冲基金的先驱。1956 年，他创立了巴菲特有限合伙人公司，当时公司共有 7 位合伙人，每人投资 100 100 美元。巴菲特向每个合伙人收取的手续费是超出 25% 利率下限以上的盈利的 25%。巴菲特专长于特殊情形投资、并购投机、公司分拆上市，以及受压减值债券投资，巴菲特的平均回报率是每年 29.5%，巴菲特的合伙人公司于 1969 年解散，之后巴菲特成立了伯克希尔－哈撒韦（持股公司，并非对冲基金）公司。

年，业绩表现令人失望，某些对冲基金降低了收费标准。

对冲基金所提供的协议可能包括一些使奖励费用变得更易于接受的条款。

（1）通常条款中会注明一个利率下限（hurdle rate），也就是说只有在业绩超出这个最小回报率时，奖励费用才适用。

（2）通常条款中会注明一个高潮位标记条款（high water mark clause），该条款阐明前期损失必须在全部补齐的情况下，奖励费用才适用。因为不同的投资人入股对冲基金的时间可能会不同，对于所有投资人，高潮位标记条款也各不相同。有时在合约中阐明一个按比例调整条款（proportional adjustment clause），该条款阐明如果投资人抽回资金，对冲基金对于前期损失只是按比例进行弥补，假定一个对冲基金初始价值为2亿美元，对冲基金损失了4 000万美元，假定投资人想收回资金8 000万美元，高潮位标记条款会注明，只有在剩下的8 000万美元资金的回报必须完全弥补4 000万美元的损失之后，对冲基金才能收取奖励费用，而按比例调整条款会将弥补数量减至2 000万美元，因为在提取资金后，基金规模只是资产提取前规模的一半。

（3）有时条款中会有一个弥补性收回条款（clawback clause），该条款可以保证投资人通过收回以前发出的奖励费用来弥补自身的损失。投资人每年给出的奖励费用的一部分被存入回收账户（recovery account），账户中的资金用于弥补投资人将来的部分损失。由于对冲基金收取丰厚的手续费，许多基金经理也逐渐变得富有起来。2007年，排名前25名对冲基金经理的总收入为290亿美元，据报道，5名基金经理的收入超过10亿美元，其中包括Safronov & Co公司的约翰·保尔森（John Paulson），Harbinger资本合伙人公司的菲利普·富尔肯，文艺复兴科技公司的吉姆·西蒙斯（他曾经是一个数学教授），赛克资产管理公司的史蒂夫·科恩以及Citadel Investment Group的肯尼斯·格里芬。

基金的基金的典型收费标准为管理资产数量的1%以及盈利的10%，这一标准比其他对冲基金要低，但是基金的基金必须向其他对冲基金缴纳常规管理费（normal fee）。假定某基金的基金将其资金在10个对冲基金之间进行分配，所有的对冲基金收费标准为“2加20%”，而基金的基金收费为“1加10%”，听起来投资人付费为“3加30%”，但实际上费用远比这还要高。假定10个对冲基金中有5家的回报为-40%，另外5家为40%，基金的基金回报为0，投资人需支付资产3%的管理费，另外投资人必须向盈利的对冲基金支付40%的20%，即8%的管理费。因为只有一半资金投资了盈利基金，因此总费用为0.5%×8%+3%=7%，投资人的总回报为-7%（因为付出费用后，资产数量比付费之前降低了7%）。因为在2008年令人失望的表现，基金的基金的收费标准也大幅下跌。

4.2.2 对冲基金经理的动机

对冲基金经理的收费形式为这些经理提供了取得盈利的动机，但同时也鼓励基金经理承担更大的风险，基金经理持有关于基金内资产的看涨期权，众所周知，当基础资产价格的波动率增大时，期权价值也会增大，这意味着对冲期权经理可以通过增加风险的形式来加大自身的期权价值，我们知道基金经理通过持有风险更大的资产就可以增加风险。

假定某对冲基金面临一个投资机会，其中有0.4的概率投资回报达60%，而有0.6的概率回报损失达60%，对冲基金的收费为“2加上20%”，投资的预期回报为

$$0.4\times60\%+0.6\times(-60\%)=-12\%$$

即-12%。

虽然这一预期回报很糟糕，但基金经理人仍然可能接受这种投资。如果投资回报为60%盈利，对冲基金收费为2%+0.2×60%，即14%；如果投资回报为60%损失，对冲基金收费为2%，

因此，基金经理的预期收费为

$$0.4\times14\%+0.6\times2\%=6.8\%$$

即收费为管理资产的6.8%，预期管理费为2%，预期绩效费为4.8%。

对于投资人而言，预期收益为

$$0.4\times(0.8\times60\%-2\%)+0.6\times(-60\%-2\%)=-18.8\%$$

即-18.8%。

表4-4 高风险投资回报

对冲基金预期收益率	6.8%
投资人预期收益率	-18.8%
整体预期收益率	-12.0%

注：回报为60%及-60%所对应的概率分别为0.4和0.6，对冲基金收费为“2加上20%”。

表4-4是对以上例子的总结，该例显示，即使在预期回报为负的情况下，对冲基金的收费结构仍然会促成基金经理承担高风险。我们可以采用利率下限、高潮位标记条款以及弥补性收回条款来减少基金经理承担高风险的倾向，但是对投资人而言，这些条款并不像听起来那么有效，其中一个原因是投资人必须持续地将资金投放在对冲基金上才能享受其好处，另外一点是当对冲基金的损失累积过大后，对冲基金经理很可能就此从对冲基金隐身而退，然后再开始一家新的基金。

我们这里所说的动机是有根有据的，你可以想象一下，如果你是对冲基金 Amaranth（希腊语为不凋花的意思）的投资人，你会有如何感想。Amaranth 的一个交易员，布赖恩·亨特（Brian Hunter）喜欢对天然气价格下大赌注，2006 年以前，他的赌注往往是对的，因此他也被认为是明星交易员。据说包括分红在内，他的工资 2005 年高达 1 亿美元。2006 年，他的赌注终于出现了错误，因此账下资产数量达 90 亿美元的 Amaranth 损失了 65 亿美元（这一数量比另一家对冲基金，即长期资本管理公司（Long Term Capital Management）在 1998 年的损失还要大）。布赖恩·亨特并没有交回他以前的分红所得，他只是离开了 Amaranth，并随之试图再建立一家自己的对冲基金。

有趣的是，从理论上讲，两个人串通起来可以采用以下形式创立一个生钱机器（money machine），第一个人可以创立一个对冲基金，并且进行一些高风险（并且是秘密）投资，另一个人也可以创立一个对冲基金，但其投资策略完全与第一个人相反。例如，如果第一个对冲基金买入100 万美元的白银，第二个对冲基金应该卖空相同数量的白银。在创立基金时，这两个人可以签订合约来共享奖励费用，两个对冲基金的一家（但我们并不知道是哪一家）的收益一定会很好，并且挣得一个较好奖励费用，另外一家的表现会很差，因此不能挣得奖励费用。如果这两家对冲基金可以找到投资人，他们因此也就有了生钱机器。

4.2.3 机构经纪人

机构经纪人是为对冲基金提供服务的银行。通常来讲，对冲基金在刚刚创立时，会选择单家机构经纪人，选定的经纪人将会处理对冲基金交易（可以是与机构经纪人之间进行的交易，也可以是与其他经纪交易商进行的交易）；同其他交易进行净值结算决定对冲基金是否还要补充抵押品；当对冲基金想进入卖空交易时，帮助对冲基金借入债券；为对冲基金提供现金管理；并为对冲基金的资产组合提交报告，以及给对冲基金提供贷款服务等。有时机构经纪人会提供风险管理及咨询服务，并给对冲基金介绍潜在的投资人。机构经纪人对对冲基金的投资组合十分了解，并一般会对投资组合进行压力测试以决定自身借给对冲基金的资金数量。

当对冲基金的规模变大后，对冲基金往往会采用多个机构经纪人，这意味着没有一家银行可以看到对冲基金的全部交易，也不会完全知晓对冲基金资产组合的构成。与多家机构经纪人交易给对冲基金在谈判中带来更多的发言权，有助于对冲基金降低其交易费用。高盛和摩根士丹利

（Morgan Stanley），以及其他的大银行，均为对冲基金提供机构经纪服务，这些银行发现经纪服务确实可以给自身带来丰厚的盈利㊀。

虽然对冲基金不受监管的制约，但它们受制于机构经纪人的质询。一个对冲基金可能具有高杠杆，并且向其机构经纪人支付了最低数量的抵押品，当对冲基金交易产生损失时，对冲基金需要支付更多的保证金，如果对冲基金拿不出足够多的保证金，它别无选择，只能将交易平仓。如果一个交易从长远来讲会盈利，而在短期会亏损，对冲基金应该做出谨慎决策。考虑在2008年年初时，某家对冲基金可能认为溢差已经太高，并因此进行高杠杆交易，对冲基金可能会买入BBB债券，并且卖空政府债券。但是，溢差在降低前有可能进一步升高，这时对冲基金可能没有足够的现金来作为抵押品，它只能被迫在承担巨大损失后将交易平仓。

4.3　对冲基金的策略

本节我们将讨论对冲基金所采用的某些策略，我们这里采用的分类与瑞信/Tremont（Credit Suisse/Tremont）给出的分类相似，并不是所有的对冲基金均可以按这种形式分类，有些对冲基金采用我们讨论的部分策略，有些对冲基金的策略在这里根本就没有列举（例如，一些对冲基金专长于气候衍生产品）。

4.3.1　股票多空对冲

如前所述，股票多空对冲（long/short equity）策略曾被对冲基金的先驱阿尔弗雷德·温斯洛·琼斯采用，这种策略仍然是对冲基金策略中最流行的一种，在该策略中，对冲基金经理首先识别一组价格被市场低估的股票和一组价格被市场高估的股票，然后基金经理会对第一组股票持有长头寸，并对第二组股票持有短头寸。通常来讲，对冲基金必须向其机构经纪人每年支出1%的费用，这一费用是为了租用在短头寸中借入的股票（见第5章关于短头寸的讨论）。

股票多空对冲策略的关键在于股票的选取，如果在交易策略中，价格被高估以及低估的股票选取得很好，该交易策略无论是在牛市及熊市均能产生好的收益。对冲基金经理常常会侧重于小股票（那些没有受到分析员重视的股票）的选取，同时也采用基本面分析（fundamental analysis）来选取股票，这种分析法的最先尝试者是本杰明·格雷厄姆。对冲基金经理可能会偏向于一个净长头寸，即短头寸的幅度稍小一些；或者偏向于一个净短头寸，即长头寸的幅度稍小一些。阿尔弗雷德·温斯洛·琼斯在其股票多空对冲策略中，持有一个净长头寸。

股票市场中性（equity-market-neutral）对冲基金采用股票多空对冲策略，但没有任何净长头寸或净短头寸。绝对额中性（dollar-neutral）对冲基金是一个股票市场中性基金，其中以货币量计的长头寸数量等于以货币量计的短头寸数量。贝塔中性（Beta-neutral）对冲基金是一个更为复杂的股票市场中性基金，其中长头寸股票的贝塔加权平均等于短头寸股票的贝塔加权平均，以这种形式生成的股票总和的整体贝塔为0，如果资本资产定价模型成立，贝塔中性对冲基金对市场变动不具有敏感性，有时贝塔中性交易可以利用股指期货的长短头寸来实现。

有时股票市场中性基金会走得更进一步，某些对冲基金会保持一个行业中性（sector neutrality），其中交易组合中的长短头寸是以行业为基准，还有一些基金保持因子中性（factor neutrality），其中交易组合对于某个因子，例如，石油价格、利率水平或通货膨胀率为中性。

㊀ 银行向对冲基金提供贷款时会承担一定风险，反之对冲基金选定某家银行作为机构经纪人时也会承担一定风险。许多对冲基金选定雷曼兄弟为机构经纪人，当雷曼兄弟于2008年破产时，对冲基金发现不能收回自身的资产。

4.3.2 专事卖空

专事卖空（dedicated short）的基金经理会投入费其全部精力专门寻找那些价格被高估的公司，卖空这些公司的股票，他们的交易策略是利用经纪人和股票分析员轻易不会发出变卖建议（sell recommendation）这一特点，即使市场认为价格被高估的公司数量与市场被低估的公司数量接近时，经纪人和股票分析员也不太轻易会发出变卖建议。专事卖空的基金经理所选择的公司往往是那些财务状态较弱、经常更换审计公司、延迟向证券交易委员会提供财务报告、行业生产量过剩、被起诉或试图让卖空其股票的投资人保持沉默的那些公司。

4.3.3 受压证券

信用级别为BB或更低的债券被称为“非投资级”（non-investment grade）或“垃圾债券”（junk bond）。信用级别为CCC的债券被称为是受压（distressed）债券，信用级别为D的债券是处于违约状态的债券。一般来讲，受压债券的价格远低于其票面价格（par value），受压债券的收益率与政府债券收益率的差值可以高达1 000个基点（10%）以上，当然投资人只有在这些债券仍能支付利率和本金的前提下才能挣得高收益率。

专长于受压债券的基金经理会谨慎地计算不同情况以及不同概率下，债券的公允价格。受压债券不能被卖空，因此经纪人会努力在市场上寻找价格被低估的受压债券。破产过程通常会导致公司的解体或重组，基金经理要了解司法系统的运作，通晓公司解体时资产支付的优先权，要懂得如何估计回收率，并预测公司管理层的应对措施等。

有些基金经理是被动投资者，他们的策略是在受压债券价格很低时，买入债券，然后等待；有些对冲基金采用主动投资方式，它们可能会买入大量市场上既存的受压债券，然后再设法去影响公司今后的改组提议。美国《破产法》第十一章关于改组法案中，对于一个改组计划，只有在超过每个层级债权人（class of claim）2/3同意的情况下，改组计划才能得到批准。在公司改组时，股权的价格常常会变得一钱不值，一个主动性基金经理的目标是买入1/3以上的债券，取得对目标公司的控制权，并设法从中盈利。

4.3.4 合并套利

合并套利（merger arbitrage）涉及在兼并和收购消息公布后交易，同时寄希望于并购交易的达成。市场上有两种并购形式：现金交易和换股交易。

首先考虑现金交易。假定公司A准备以每股30美元的价格买入公司B的所有股份，假定公司B的股价在消息公布时为每股20美元，公司B的股价不会一下子涨至30美元，原因如下：①并购交易不一定达成；②市场需要一定时间才能完全理解并购交易的影响。合并套利对冲基金可能以每股28美元的价格买入公司B的股票，然后等待，如果收购协议确实达成，公司B股票变为30美元，对冲基金盈利为每股2美元；如果并购协议达成的价格超过30美元，对冲基金的盈利会更高：但是，如果并购协议没有达成，对冲基金将蒙受损失。

接下来考虑换股的情形。假定公司A宣布将以自身的1股股票换取4股公司B的股票。假定在消息公布前公司B的股票价格为公司A股票价格的15%。在消息公布后，公司B的股票可能会涨至公司A股票的22%。合并套利对冲基金可能会买入一定数量公司B的股票，同时卖空公司A 25%的股票。如果换股比例确实按宣布的消息顺利执行，或者换股比率对公司B更有利，这种交易策略会使对冲基金挣得盈利。

合并套利基金可以产生稳健但并不令人吃惊的回报。我们应该区分合并套利与伊凡·博斯基

的行为以及其他在并购消息公布之前的内部交易行为[⊖]。内部交易是违法行为，因内部交易，伊凡·博斯基被判3年徒刑，并且被罚款1亿美元。

4.3.5 可转换证券套利

可转换证券是指那些债券发行人在将来某个时刻可以将证券转化为股票的证券，该类证券会注明一个债券可以转换多少数量的股票，这个转换数量和时间有关。债券发行人一般有权于将来在一定条件下买回债券（以指定价格买回债券）。通常，债券发行人会以买回债券的形式来强迫债券持有人将债券转换为股票（如果不买回债券，债券持有人会尽量延迟将债券转换为股票的时间）。

可转换债券套利对冲基金一般都研发了复杂模型对可转换债券进行定价，可转换债券的价格以某种复杂的方式取决于以下变量：股票价格、股票波动率、利率水平以及发行人的违约率等。许多可转换证券的交易价格低于其公允价格，对冲基金经理往往会买入这样的证券，并以卖空股票的形式来对冲风险（这是第6章讨论的Delta对冲的一种应用），基金经理可以通过卖空债券发行公司其他非转换债券的形式来对冲利率和违约风险。基金经理的另一种做法是利用利率期货、资产互换或信用违约互换等产品来对冲风险。

4.3.6 固定收益套利

进行固定收益产品交易的最基本工具是零息收益率曲线，该曲线可以依据本书附录B中所描述的方法进行构造。对冲基金可以采用的一种固定收益产品策略是相对价值（relative value）策略。在该策略中，对冲基金经理买入那些收益曲线表明被市场低估的债券，并同时卖出那些收益曲线表明被市场高估的债券。市场中性（market neutral）策略与相对价值策略十分相似，唯一的不同之处是，市场中性策略会保证基金对利率的变动没有风险暴露。

有些固定收益对冲基金采用一些方向性的投资策略，即它们的持仓量是建立某些利率的溢差，或者利率水平本身会朝某个特定方向变动这一假设，这些基金一般具有很强的杠杆特性，因此它们所面临的风险如下：长期来讲，它们的决策正确，但短期市场变动会触发损失，而短期市场损失可能会迫使交易平仓，因此对冲基金会蒙受更大的损失。这种风险恰恰发生在对冲基金长期资本管理公司（Long-Term Capital Management）身上（见业界事例15-1）。

4.3.7 新兴市场

新兴市场（emerging market）对冲基金专长于发展中国家的投资。有些基金注重于股票投资，它们从市场中筛选那些价格被高估和低估的股票，基金经理会通过到发展中国家商务旅行、出席会议、与分析员会晤、与公司管理人员讨论并采用雇用咨询人员的方式取得信息，一般他们会在当地交易所交易，有时他们也会利用美国存托凭证（American Depository Receipt，ADR）的形式来进行投资。ADR是在美国发行，并在美国交易所交易的凭证，这些凭证由外国公司的股票作为支持，ADR可能比外国公司股票的流动性更好，交易费用更低，有时ADR与基础资产价格会有差别，因此也会产生套利机会。

另一种新兴市场的投资产品是发展中国家所发行的国债。布雷迪债券（Brady bond）是由发展中国家发行、以美元为计量单位的债券，这种债券有美国财政部的支持；欧洲债券是由一个国

⊖ 迈克·道格拉斯（Michael Douglas）在得奖影片《华尔街》中所扮演的角色Gordon Gekko的原型就是伊凡·博斯基。

家发行、以美元或欧元硬通货为计量的债券；当地货币债券（local currency bond）是由当地政府发行的债券。对冲基金会投资以上三种债券。无论是当地货币债券还是欧洲债券均有风险，俄罗斯、阿根廷、巴西及委内瑞拉曾多次对其发行的债券违约。

4.3.8 全球宏观型

全球宏观型（global macro）对冲基金采用超级明星管理人乔治·索罗斯和朱利安·罗伯逊等采用的交易策略，其基金经理进行的交易反映了全球经济的走向，他们试图寻求那些市场因某种原因脱离其平衡点（equilibrium）的情形，并且对经济状态会返回平衡点而下赌注，他们经常会对利率及汇率市场下赌注。乔治·索罗斯的量子基金（Quantum Fund）在1992年的一个策略是对英镑价值走低下赌注，这为基金带来了10亿美元的盈利。最近，对冲基金对于美国的巨额贸易余额支付会造成美元贬值下了赌注（赌注结果有好有坏）。全球宏观型对冲基金的重要问题是，它们并不知道经济平衡会在何时恢复，由于某种原因，世界市场可能持续不平衡状态很长时间。

4.3.9 管理期货型

对冲基金经理利用管理期货（managed futures）策略来预测未来商品价格的变动。有些基金依赖于基金经理的判断；有些基金利用计算机程序来交易；有些基金的交易是基于技术分析（technical analysis），技术分析是指用过去的价格变动规律来预测未来的价格；另外一些基金采用基本面分析来决定交易决策，基本面分析是从经济、政治或其他相关因素来确定商品价格。

利用技术分析时，交易策略要首先应用于历史数据，这种检测被称为回望检验（back-testing）。如果（往往是这样）某个交易规则是基于历史数据归纳得出，分析员必须进行样本外（out of sample）检测（即将策略应用于那些没有产生规则的数据）。分析员应该认识到数据挖掘的危害，分析员可能开发出成千上万个不同的交易规则，并将这些规则应用于历史数据，可能是由于运气的缘故，一些规则表现很好，但它并不意味着这些规则在将来表现就一定好。

4.4 对冲基金的收益

与评估共同基金的收益相比，对对冲基金的收益进行评估不是件容易的事情，市场上并没有包含所有对冲基金信息的数据库。研究人员可以取得Tass对冲基金的数据库，参与这一数据库的建立取决于对冲基金自身的意愿。小的对冲基金或表现差的对冲基金不愿意公布其业绩，因此数据库中不包括这部分数据。当对冲基金公布业绩时，这些数据也用于弥补该对冲基金以前的空白数据，从而会造成数据偏差。如上所述，对冲基金一般会在收益好的情况下才报告收益。剔除数据偏差后，有些研究人员发现对冲基金的实际回报并不比共同基金更好[⊖]。

有人认为，与养老金相比，对冲基金可以在风险和回报之间做出更好的平衡，这是因为养老金不能（或是因为自身的选择）进行卖空交易，也不能进行杠杆交易，不能投资衍生产品，也不能从事其他复杂交易，而这些交易往往被对冲基金采用。投资对冲基金（在付费条件下）是养老金直接扩大其投资范围的一种形式，这么做也许会改善有效边界的结构（见第1.2节关于有效边界的讨论）。

⊖ See for example, N. Posthuma and P. J. van der Sluis, "A Reality Check on Hedge Fund Returns," Working Paper, Free University, Amsterdam, 2003.

我们常见到有些对冲基金在某些年会给出令人瞠目的收益，然后突然会香陨玉碎。长期资本管理公司在 1994 年、1995 年、1996 年及 1997 年给出的收益率分别是 28%，59%，57% 和 17%，而在 1998 年，该对冲基金基本损失了其全部资本金。有人指出对冲基金的收益就如同承约一个虚值期权（卖出一个虚值期权）。在大多数情况下，这些期权不会太值钱，但有时这一期权也会触发巨大损失。

这看起来似乎对对冲基金不太公平。对冲基金的支持者认为对冲基金确实可以做到寻求盈利机会，而许多其他投资人没有资源及能力做到这一点，这些支持对冲基金的人士可能会以约翰·保尔森作为一个事例，来说明对冲基金经理确实可以找到好的投资机会。

对对冲基金和一般股市而言，2008 年是很差的一年。瑞信/Tremond 对冲基金指数在一年内下跌了 19.07%，到 2008 年 12 月 31 日，5 年内的平均收益仍为每年 8.73%。S&P 500 指数的表现比该对冲基金指数表现更差，S&P 500 在 2008 年下跌了 38.5%，截止到 2008 年 12 月 31 日，5 年的平均收益为 4.1%。因为没有考虑股息因素，以上数据有一些偏差。正如前面所述，对冲基金收益数据本身也会有一定的偏差。

不同形式的对冲基金表现如表 4-5 中所示。

表 4-5　对冲基金的表现

对冲基金分类	2008 年年回报(%)	2004～2008 年年回报(%)	同回报的标准差(转化为年回报%)	夏普比率
可转换债券套利	-31.59	5.45	6.84	0.24
专营卖空	14.87	-0.78	16.96	-0.27
新兴市场	-30.41	6.70	15.85	0.18
股票市场中性	-40.32	5.57	11.03	0.16
Event driven	-17.74	9.60	6.11	0.95
固定收益套利	-28.82	3.47	6.00	-0.06
全球宏观型	-4.62	12.47	10.57	0.82
长短持股	-19.76	9.72	10.22	0.58
管理期货	18.33	7.21	11.91	0.29
多战略	-23.63	7.12	5.46	0.60
对冲基金指数	-19.07	8.73	7.96	0.62

注：表中的夏普比率等于收益率与无风险利率的差，即 r 与 r_f 的差除以收益率的标准差。

资料来源：瑞信/Tremont。

4.5　小结

共同基金给小投资人提供了分散风险的途径。有证明显示，整体来讲，主动性共同基金的表现没有好过市场，这造成了许多投资人将资金投放于那些跟踪市场指数，例如 S&P 500 的基金。共同基金的监管制度很严格，基金不能进行卖空交易，不能采用杠杆，共同基金允许投资人随时卖出他们持有的份额。许多共同基金为开放型，即随着投资人买入（卖出）份额，基金的份额数量会增加（减少）。开放式基金在每个业务日下午 4 点计算其份额的净资产价值，该价值用于在 4 点前 24 小时内买入和卖出订单的价格。封闭式基金的份额固定，其交易方式类似于其他企业的股票交易。

交易所交易基金是对开放式基金和封闭式基金的一种替代，这种基金十分流行。在任意时刻，基金的份额为已知，大型机构投资人可以在任意时刻将持有基金的份额转换为基金中的资产，这可以保证交易所交易基金份额（不同于封闭式资金）的交易价格接近于资金的净资产价值。交易

所交易基金的份额可以被随时交易（而不是仅仅是在下午4点），交易所交易基金的份额可以被卖空（这不同于开放式基金的份额）。

对冲基金是为了迎合大型投资人的需求，对冲基金所受的监管制约很少，对冲基金可以采用一些共同基金不能采用的交易策略，例如，它们可以借入资金并且卖空证券。对冲基金的收费远高于共同基金，收费往往是“2加20%”，这意味着对冲基金会将管理资产规模的2%，以及基金盈利的20%（如果有的话）作为管理费。对冲基金持有关于自身基金中资产的买入期权，因此，对冲基金经理会有动机增大管理资产的风险。

对冲基金所采用的交易策略包括股票多空对冲、专事卖空、受压证券投资、合并套利、可转换证券套利、固定收益套利、新兴市场、全球宏观型和管理期货型。在扣除管理费以后，对冲基金是否可以提供更好的风险回报的平衡仍是一个有争议的问题。对冲基金可能连续几年提供良好的收益后，突然给投资人带来毁灭性的损失。

推荐阅读

Khorana, A., H. Servaes, and P. Tufano, “Mutual Fund Fees Around the World,” *Review of Financial Studies*, 22(March 2009): 1279-1310.

Jensen, M. C., “Risk, the Pricing of Capital Assets, and the Evaluation of Investment Portfolios,” *Journal of Business*, 42, 2(April 1969): 167-247.

Lhabitant, F.-S., *Handbook of Hedge Funds*. Chichester: Wiley, 2006.

Ross, S., “Neoclassical Finance, Alternative Finance, and the Closed End Fund Puzzle,” *European Financial Management*, 8(2002), 129-137.

练习题

4.1 开放式基金与封闭式基金的区别是什么？

4.2 开放式基金的净资产价值是如何计算的？在一天什么时候计算？

4.3 某投资人在2009年1月1日，以每份30美元的价格买入了100份共同基金，基金在2009年及2010年的资本收益分别为每股3美元和每股1美元，假定没有任何股息收入。投资人在2010年以每股32美元的价格卖出了基金。投资人在2009年、2010年和2011年的资本收益及亏损分别为多少？

4.4 什么是指数基金？如何生成指数基金？

4.5 什么是对冲基金的前端收费和后端收费？

4.6 解释一个跟踪S&P 500的交易所交易基金的运作方式。与以下基金比较，交易所交易基金的优势是什么？（a）开放式对冲基金；（b）封闭式对冲基金。

4.7 一列数字的几何平均值与算术平均值的区别是什么？在计算共同基金收益时，我们应该用哪一种方式？

4.8 解释以下词汇的含义：（a）逾时交易；（b）市场择时；（c）抢先交易；（d）直接佣金。

4.9 给出那些限制共同基金但不能限制对冲基金的规则。

4.10 “如果70%的可转换证券交易与对冲基金有关，我预计这种交易的盈利会降低”，讨论这个观点。

4.11 解释与对冲基金奖励费用有关的条约含义：利率下限、高潮位标记条款、弥补性收回条款。

4.12 一个对冲基金收费为“3加30%”，投资人期望在付费后收益仍能达到20%，对冲基金在收到投资人付费之前的投资回报率最小为多少才能满足投资人的要求？

4.13 “对对冲基金而言，长期盈利十分重要，而短期的盈亏并不重要”，讨论这一观点。

4.14 “对冲基金的风险由其机构经纪人来掌控”，讨论这一观点。

作业题

4.15 一个投资人在2009年1月1日，以每份50美元的价格买入100份共同基金，基金在2009年及2010年得到的股息分别为每股2美元和每股3美元，股息再次投资于基金，基金在2009年及2010年的资本收益分别为每股5美元和每股3美元，投资人在2010年以每股59美元的价格卖出基金。解释投资人如何缴税？

4.16 某共同基金的高回报之年马上紧跟一个低回报之年，其每年回报率为+8%，-8%，+12%，-12%，投资人4年的整体回报为多少？

4.17 某基金的基金将其资金投保于5个对冲基金，5个对冲基金在某年的收益率分别为-5%，1%，10%，15%和20%。基金的管理费为“1加10%”，每个对冲基金的管理费为“2加20%”，投资的整体收益是多少？这些收益将如何在基金的基金、对冲基金以及投资人中分配？

4.18 某对冲基金收费为“2加20%”，某养老金将资产投资于该对冲基金，画出养老金收益作为对冲基金收益函数的图形。

CHAPTER 5

第 5 章

金融产品

金融机构交易大量不同类型的金融产品，交易的目的多种多样，有些交易是为了满足其客户的需求，有些是为了管理自身的风险，有些是为了寻求套利机会，还有一些是为了反映自身对市场走向的预测。

我们将在今后的章节讨论金融机构如何管理自身的交易风险，本章的目的是为了描述交易产品设立场景、描述产品的交易过程以及产品的应用方式。

5.1 市场

金融产品交易市场可分成两类，第一类市场为交易所交易（exchange traded）市场，第二类为场外市场（over-the-counter，OTC）。

5.1.1 交易所交易市场

在交易所交易金融产品已经有非常悠久的历史。有些交易所，例如纽约交易所（NYSE），主要进行股票交易，而在其他交易所，例如芝加哥期货交易所（CBOT）及芝加哥期权交易所（CBOE），主要进行期货以及期权等衍生产品的交易。

交易所的主要职责是定义交易合约、组织交易并使交易双方的利益同时得到保护。传统上交易双方在交易所相见并通过某种特定的手语达成交易，而现在交易所更多的是采用电子交易系统（electronic trading），交易员将所期望的交易输入电子计算机系统以寻求买方或卖方，不过并不是所有的人都认为电子交易系统更为可取。同传统手语形式相比，电子交易更为轻松，但从某种意义上讲，交易变得不像以前那么有意思，同时，交易员很难通过其他交易员的形体语言来预测市场的短期走向。

有时市场做市商（market maker）会促成交易的发生，做市商通常既接受买入价格（bid price，即同意以这一价格买入）又提供卖出价格（offer price，即同意以这一价格卖出）。例如，市场上一个交易员向市场做市商索要关于某股票的报价时，做市商给出“以30.3美元买入，以30.5美元卖出”的报价，这是指做市商愿意以每股30.3美元的价格买入股票，同时愿意以每股30.5美元的价格卖出股票，在提供报价时，做市商并不知道交易员想买入还是卖出股票。一般交易所交易市场会阐明卖方及买方价格的最大差价，市场做市商可以从报价差价中取得盈利，但他们必须谨慎地管理持有产品的头寸，以控制自身对市场价格变化的风险暴露。

5.1.2 场外市场

场外市场是由电话和计算机将为金融机构和大企业工作的交易员以及基金经理联系在一起的网络系统，银行的交易大多数是在场外市场进行，对于一些常规金融产品，金融机构常常扮演做市商的角色，例如，为了帮助大型企业进行大宗交易，许多银行愿意提供外汇的买入价和卖出价。

场外交易的最大优点是合约的内容不受交易所限制，市场上的交易双方可以通过自由商谈来达成对双方都有利的合约。场外市场用于交易的电话通常是被录音的，当交易双方产生分歧时，电话录音可以用于解决争端，场外市场交易的金额数量往往会远远大于交易所内交易的金额数量。

5.1.3 信用风险

场外市场与交易所交易市场的区别在于信用风险。一个涉及双边对手的交易常常包括未来某个时刻的支付款项，如果交易的某方在付款支付完成之前破产，那么它将不能保持自身的承诺，交易的另一方因此会蒙受损失。我们今后将阐述，交易所的组织方式几乎消除了交易所面临的信用风险，场外市场也常常采取措施来降低交易中的信用风险，但某些信用风险还是会存在。当雷曼兄弟在2008年破产时，雷曼对大量合约违约，这给一些对手造成了损失。

监管人员对系统性风险（systemic risk）十分担心，这一风险是指某家银行破产，会给与其开展交易的银行带来损失的风险，这种连锁反应可能会触发更多公司破产，从而给整个金融系统带来严重问题，正是由于这一原因，监管当局在2008年选择对许多金融机构进行解救，而不是让它们破产。

5.2 资产的长头寸和短头寸

最简单的交易是以现金买入资产或卖出资产来取得现金，例如

（1）买入100股IBM股票；

（2）卖出100万英镑；

（3）买入1 000盎司黄金；

（4）卖出价值100万美元的通用汽车公司发行的债券。

以上的第一个交易往往会发生在交易中心内，而其他三个交易可能是场外交易，这些交易被称为现货交易，因为这些交易往往会触发资产的即时（on the spot）交付。

资产卖空交易

在某些市场，你可以卖出现在你并不拥有，而在今后有意买回的产品，此类交易被称为资产卖空（借卖），我们在下面以卖空股票为例来说明如果开展卖空交易。

假定某投资人想通过其经纪人来卖空500股IBM股票，经纪人往往通过借入某位客户的股票，并将股票在交易所进行变卖来执行投资人的指令（借入股票可能要支付一定的费用）。投资人可以按其意愿，将卖空交易持有到任意时刻，其前提是经纪人可以随时借入股票。在今后的某一时刻，投资人可以买入500股IBM股票并对自己的卖空交易进行平仓，这些买入的股票用于偿还在此之前借入的股票。当股票价格下跌时，投资人会有所盈利；而当股票价格上涨时，投资人会有所损失。当在卖空交易平仓之前，如果经纪人不能再借入股票，投资人就会受到卖空挤压（short-squeezed）[⊖]，此时，无论投资人是否愿意，都必须对其交易进行平仓，也就是说，此时投资人必须马上偿还其借入的股票。

在卖空交易中，卖空投资者必须向经纪人支付所有的卖空资产的收入。例如，股票的股息及债券的券息等，这些收入是在一般情况下卖空资产的应得收入，经纪人会将这些收入转入股票借出方的账户。假设某投资者在4月份股价为120美元时，进入500股卖空交易。在7月份当股价为100美元时，对交易进行平仓。假定股票在5月份支付了1美元股息。在4月份交易最初，投资人收到$500 \times 120 = 60\,000$（美元），在5月份，因为股息，投资人要支付$500 \times 1 = 500$（美元），在7月份交易平仓时投资人要支付$500 \times 100 = 50\,000$（美元）。投资人的净收益为

$$60\,000 - 500 - 50\,000 = 9\,500(\text{美元})$$

在表5-1中，我们详细展示了卖空交易的现金流，由表5-1我们可以看到，在卖空交易中，投资人的现金流就如同一笔在4月份买入并在7月份卖出的正常股票交易现金流的镜像反射（假设为借入资产无须支付任何费用）。

表5-1　卖空交易以及买入股票所对应的现金流

股票的买卖	4月：以每股120美元买入500股股票	-60 000美元
	5月：收到股息	+500美元
	7月：以每股100美元卖出500股股票	+50 000美元
	净收益 = -9 500美元	
股票卖空交易	4月：借入500股股票并以每股120美元卖出	+60 000美元
	5月：支付股息	-500美元
	7月：以每股100美元买入500股股票，偿还借入股票，平仓卖空交易	-50 000美元
	净收益 = +9 500美元	

在卖空交易中，卖空方一定要在经纪人那里开一个保证金账户，这个保证金账户是为了保证在股票价格上涨时投资人不会违约。我们将在本章后面内容中讨论保证金账户。

关于卖空的规则经常改变，美国证券交易委员会在2007年7月取消了卖空交易中的提价交易规则（uptick rule），但在2009年4月重新引进了这一规则（在这一规则下，只有证券价格在最近一段时间呈上升事态时，才允许卖空）。2008年9月19日，为了阻止银行股票价格大幅下跌，美国证券交易委员会对799家银行的股票暂时实施了禁止卖空的规定，这一规定与在前一天英国金融服务局（Financial Services Authority，FSA）所发布的关于禁止卖空的规定十分相似。

5.3 衍生产品市场

衍生产品是指价格取决于（或来源于）其他市场基本变量的产品，例如，股票期权是价格取决于股票价格的一种衍生产品。

衍生产品在交易所和场外市场均进行交易，两个市场的规模都很大。虽然这两个市场的统计

⊖ short-squeezed也译作轧空。——译者注

结果不具有完全可比性，但很明显，场外市场规模远大于交易所交易市场。国际清算银行（Bank of International Settlement）从1998年起开始统计这一数据。图5-1比较（a）从1998年6月至2008年6月场外市场交易的面值总和；（b）同一时间段的交易所合约中基础资产的总价值。从这些数据我们看到，截至2008年6月为止，场外市场交易量已经增至683.7万亿美元，而交易所市场交易量增至84.3万亿美元。

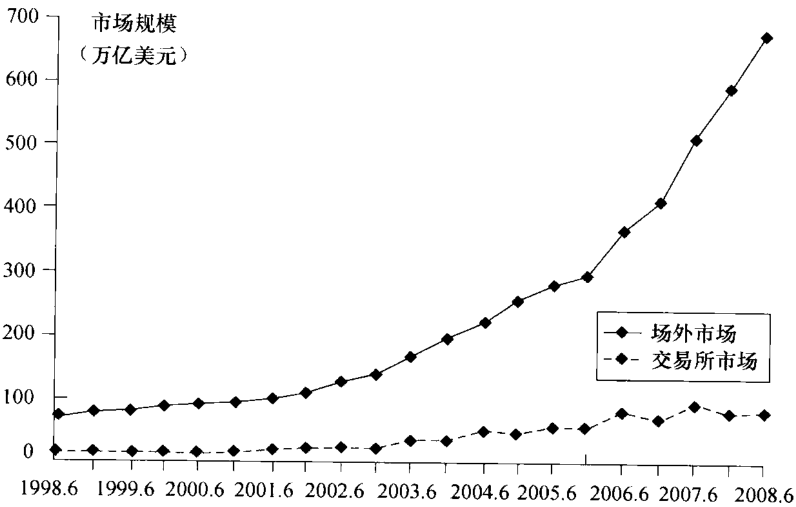


图5-1 场外衍生产品市场和交易所交易衍生产品市场的规模

在解释这些数据时，我们应该认识到场外市场交易产品的面值与其价值并不是一回事。例如，某一场外市场交易合约为1年期，以某一指定汇率以英镑买入1亿美元，这一交易的总面值为1亿美元。但是这一交易的价值可能只有100万美元。国际清算银行估计所有的场外市场合约在2008年6月的市场毛价值大概为20.3万亿美元[⊖]。

5.4 最基本的衍生产品

本节我们将讨论衍生产品市场的标准或交易最普遍的合约，这些合约被称为最基本的（plain vanilla）衍生产品。

5.4.1 远期合约

远期合约约定合约的买方在将来某一时刻以一定固定价格买入某种资产，远期合约交易是一种场外交易，在远期合约中，同意在将来某一时刻以某一约定价格买入资产的一方被称为长头寸方，远期合约中的另外一方同意在将来某一时刻以同一约定价格卖出资产，这一方被称为短头寸方。

外汇远期合约在市场上非常流行，表5-2列示了2008年8月27日某跨国性银行给出的关于英镑（GBP）及美元（USD）汇率的买入价及卖出价，这里的汇率价格是指每英镑所对应的美元价值，表中的第1行数字显示此银行准备以每英镑1.8356美元的价格在即期市场买入英镑，同时这家银行也准备以每英镑1.8360美元的价格在即期市场卖出英镑；表中第2行显示此银行准备在一个月后以

⊖ 对于某一方价值为100万美元，而对另一方价值为-100万美元的交易，其毛价值被计为100万美元。

每英镑 1.831 4 美元的价格买入英镑，同时银行也准备在 1 个月后以每英镑 1.831 9 美元的价格卖出英镑。表 5-2 中其他行的含义也依此类推。

表 5-2 2008 年 8 月 27 日美元/英镑即期及远期的买入价及卖出价（每英镑所对应的美元数量）

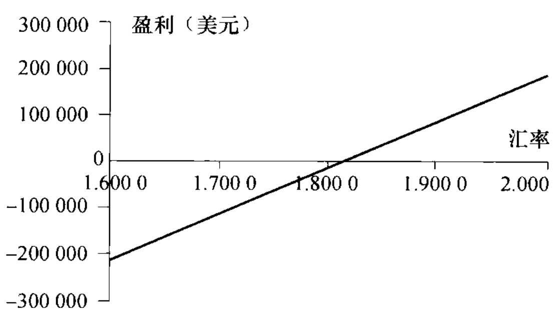
	买入价	卖出价
即期	1.835 6	1.836 0
1 个月远期	1.831 4	1.831 9
3 个月远期	1.823 7	1.824 2
6 个月远期	1.812 7	1.813 3

注：GBP 代表英镑，USD 代表美元，表中所示价格为每英镑所对应的美元价格。

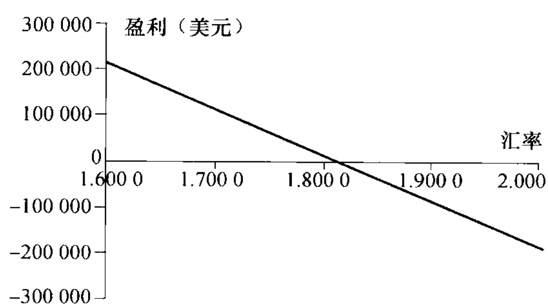
远期合约可以用于对冲外汇风险，假定 2008 年 8 月 27 日，美国某企业的资金部主管已经预知在 6 个月后（2009 年 2 月 27 日）公司业务要支付 100 万英镑，这位主管准备对冲外汇风险，他可以同银行达成一个以表 5-2 所示的远期合约，此合约约定在 6 个月后，这家企业必须以每英镑 1.813 3 美元的价格买入 100 万英镑，在远期合约中此企业为长头寸方，也就是说此企业在 2009 年 2 月 27 日将以 181.33 万美元的价格买入 100 万英镑，银行在合约中处在短头寸方的位置，也就是说，银行必须在 2009 年 2 月 27 日以 181.33 万美元的价格卖出 100 万英镑。企业及银行对履行合约均有不可推卸的责任。

远期合约在签署以后会产生什么样的结果呢？在这里的远期交易中，企业有义务在 6 个月后以汇率每英镑 1.813 3 美元的价格，买入 100 万英镑。当汇率有所上涨，例如 6 个月后每英镑值 1.900 0 美元，这时企业能够以每英镑 1.813 3 美元的价格（而不是以每英镑 1.900 0 美元的价格）买入 100 万英镑，这对企业来讲，远期合约价值为 +86 700 美元 [=(1.900 0 - 1.813 3) × 1 000 000]。当然，对于企业而言，最终的合约价格也可能为负值，如果 6 个月后，汇率跌至每英镑 1.700 0 美元，这时企业还必须以每英镑 1.813 3 美元的价格（而不是以每英镑 1.700 0 美元的价格）买入 100 万英镑，这会给企业带来 113 300 美元的损失 [=(1.813 3 - 1.700 0) × 1 000 000]。以上例子说明，持有远期合约的长头寸所带来的收益可以是正值也可以是负值，远期合约长头寸的收益等于资产即期价格减去合约的执行价格，如图 5-2a 所示。

在以上例子中，银行持有远期合约的短头寸，其持有头寸是企业头寸的镜像反射。银行同意在 6 个月后以汇率每英镑 1.813 3 美元的价格，卖出 100 万英镑。如果 6 个月后每英镑值 1.900 0 美元，这时银行必须以每英镑 1.813 3 美元的价格（而不是以每英镑 1.900 0 美元的价格）卖出 100 万英镑，这对银行来讲，费用为 86 700 美元。如果 6 个月后，汇率跌至每英镑 1.700 0 美元，这时银行能够以每英镑 1.813 3 美元的价格（而不是以每英镑 1.700 0 美元的价格）卖出 100 万英镑，这会给银行带来 113 300 美元的收益，远期合约短头寸的收益等于执行价格减去资产的即期价格，如图 5-2b 所示。



a）长头寸



b）短头寸

图 5-2 远期合约的回报

5.4.2 期货合约

期货合约同远期合约类似，它也约定合约双方在将来某一时间以某一约定价格进行资产买卖。

期货合约与远期合约的不同之处在于期货交易在交易中心进行，在交易中心交易也就意味着交易合约必须标准化，即交易中心定义单位合约的资产数量、交割时间、交割资产的品种等。每个期货合约以其交割月份来识别。例如，2010 年 9 月黄金期货对应于交割日为 2010 年 9 月的期货合约。远期合约的到期日通常是对应于某一天，期货合约交割往往对应于到期月内的若干天。交易中心还会定义交割地点和时间的备选方案，期货短头寸方可以提出交割，并可以在交割地点和时间的备选方案中做出选择。

通过市场供需关系来决定期货价格的大多数期货合约在市场上交易活跃，当 2010 年 9 月期货价格为每盎司 780 美元时，如果市场上买方多于卖方，期货价格会上升；类似地，如果市场上卖方多于买方，期货价格会下跌。

进行期货交易的一个最大优点是平仓手续简单化，如果你在 2009 年 3 月买入（作为长头寸方）2010 年 9 月的黄金期货合约，那么你可以在 2009 年 6 月通过卖出（作为短头寸方）合约，从期货合约中退出。对远期合约平仓不会像对期货合约平仓那么容易，因此，远期合约到期往往会促成基础资产（underlying asset）的交割，在期货交易中，一般来讲，合约会在到期月前被平仓。业界事例 5-1 中令人诧异的故事指出，在平仓时出现的错误也会造成期货合约中资产的交割。

期货交易员在其经纪人那里要持有一个保证金账户（margin account），账户中的资金余额随着每天的盈亏进行调整，我们将在本章以下内容中讨论保证金账户。

业界事例 5-1

没有预见到的期货资产交割

这个（听起来有点像虚构）故事是某家金融机构的主管亲口讲述给本书作者的。故事的主人公是一个刚刚进入这家金融机构、在金融界没有任何经验的新手。这家金融机构的一个客户为了对冲风险常常需要进入期货交易的长头寸方，期货的基础资产为牲畜，通常这个客户在期货到期前的最后一个交易日向银行发出指令将交易平仓（在芝加哥商品交易所中，采用牲畜交易合约中的基础资产为 40 000 磅活牛），这位新雇员的职责是管理这个客户账户。

当期货合约接近到期日时，这位雇员注意到客户仍然有一个合约没有平仓，他随后就指示交易市场的交易员以长头寸方（而不是卖空方）进入期货合约，这一错误的后果是这家金融机构持有两份长头寸方的期货合约，当发现交易错误时，期货合约交易已经结束。

金融机构（而不是客户）要对其错误负责，这一错误的直接后果就是金融机构自身必须去处理一群活牲畜的交接工作，而对这种交割该金融机构毫无经验。期货合约规定卖空方可以在交割到期月的某个时间在美国境内几家不同的地点交付牲畜，因为在这个期货交易中作为长头寸方的金融机构只有等待卖空方向交易所提供交割意向通知（notice of intention to deliver），交易所再向金融机构发出交割通知。

最后金融机构终于收到了由交易所发出的交割通知，交割通知中注明牲畜将在 2 000 英里以外的一个地点并在通知后的第一个星期二交割，这位新雇员被安排到交割地点处理交割事务。在交割地点每个星期二都有牲畜拍卖，期货合同的卖空方在拍卖市场买下牲畜随后就进行了交付，不幸的是某星期买下的牲畜必须在下一个星期才能拍卖，这位不幸的新雇员就不得不留下来安排牲畜的存养，这位新雇员选取了这么一个“有趣”的方式开始了自己在金融界的创业生涯。

期货合约的管理是通过交易中心的结算中心（clearing house）来完成的，在每天交易日结束时，期货合约都要结算，某一天交易日结束到下一个交易日结束时，如果期货价格上涨，持有期货短头寸一方的资金会流入结算中心，同时结算中心会将资金支付给持有期货的长头寸一方；如果期货价格下跌，持有期货长头寸一方的资金会流入结算中心，同时结算中心会将资金支付给持有期货的短头寸一方。假定你在期货价格为每盎司780美元时进入9月份黄金期货合约的长头寸，期货合约是关于100盎司黄金，在第一天结束时，期货价格涨至785美元，你的收益为 $(785-780)\times100=500$(美元)，你会从结算中心收到这一资金；在接下来的一天结束时，期货价格跌至778美元，你的损失为 $(785-778)\times100=700$(美元)，你须向结算中心支付这一金额。

期货合约的价格与远期合约的价格十分类似，本书的附录C给出了期货/远期价格与即期价格的关系式，因为期货合约每天结算，而远期合约只在合约到期时才做最终结算，因此两类合约所实现损益的时间不同，如业界事例5-2所示，这一区别有时会令人困惑，表5-3综述了远期和期货合约的不同。

表5-3 远期合约与期货合约的比较

远期合约	期货合约
交易双方间的私下合约	交易所内标准合约
非标准化	标准化
通常只有单一交割日	有一系列的交割日
在合约到期时结算	每日结算
通常会发生实物或现金交割	合约通常在到期前会被平仓
有信用风险	几乎没有信用风险

业界事例5-2

是系统错误吗

某银行的外汇交易员进入一个3个月后买入100万英镑远期合约的长头寸，远期合约中的汇率为1.6000。同时，另一个交易台的交易员进入16个3个月期货的长头寸，期货价格为1.6000，并且每个期货的规模为62500英镑。因此远期和期货交易的头寸一样。在进入交易后，远期和期货价格都涨至1.6040。银行系统显示期货交易员获利4000美元，但远期合约交易员的获利只有3900美元。远期合约交易员马上打电话向银行系统部门抱怨。远期合约交易员的抱怨合理吗？

答案是否定的！期货合约每天进行交割保证了交易员马上兑现盈利，盈利数量等于期货价格的涨幅。如果远期合约交易员马上对其头寸进行平仓，即进入执行价格为1.6040的远期合约短头寸，远期合约交易员在3个月时能够以1.6000的汇率买入100万英镑，并同时能够以1.6040的价格卖出100万英镑，这因此会造成4000美元盈利，但这一盈利是在3个月以后。远期合约交易员的盈利为4000美元的贴现值。

远期合约交易员可以从盈利与亏损的对称性中得到补偿，如果远期/期货价格下跌至1.5960，而不是上升到1.6040，那么期货交易员马上会损失4000美元，而远期合约交易员却只损失3900美元。还有，在合约3个月期限之间，期货合约的整体收益等同于远期合约的整体收益。

5.4.3 互换

第一笔互换交易产生于20世纪80年代，在80年代后随着互换市场的蓬勃发展，到目前为止互换交易已经占据场外衍生产品市场的主导地位。

在互换合约中，交易双方同意在将来交换现金流，合约阐明资金流的交换时间以及资金流量的计算方式，通常在计算资金流时会涉及利率、汇率以及其他市场变量的将来值。

一个远期合约可以看做是一个最简单的互换合约。假定，现在时间为2010年3月1日，某公

司签署了一个一年期的远期合约，在合约中，这家公司同意在一年后以每盎司800美元的价格购买100盎司的黄金，在一年后，公司收到黄金后可以马上在现货市场将黄金变卖。这个在2010年3月1日生效的远期合约可以被认为是一个互换合约，在此合约中，公司同意在一年后，也就是在2011年3月1日，以现金80 000美元换取数量为100×S美元的现金流，这里的S为一年后黄金的市场价格。

远期合约可以等同为在今后某单一时间现金流的互换，而互换合约通常阐明在今后的若干时间进行现金流互换。最流行的互换合约是基本的利率互换（plain vanilla interest rate swap），其中固定利率现金流与浮动利率LIBOR[⊖]现金流进行交换。在利率互换合约中，计算浮动利率及固定利率所用的面值相同。图5-3显示一家公司同意以5%的固定利率来换取以LIBOR为基准的浮动利率。假定，互换合约的浮动利率每6个月设定一次，互换合约的面值为1亿美元，互换合约的期限为3年。表5-4显示公司A的收入及支出的现金流，表中第2列显示出6个月期的IRBOR利率，这里利率互换在2010年3月5日开始。在利率互换初始日，6个月期的IRBOR利率为每年4.2%，这相当于每6个月利率为2.1%，由此我们可以得出在2010年9月5日浮动利率现金流为0.021×1亿美元=210万美元。而在2010年9月5日，6个月期浮动利率为每年4.8%（每6个月为2.4%），从而我们可以算出在6个月之后的浮动现金流为240万美元。依此类推，我们可以计算出所有浮动现金流量。由固定利率所决定的现金流一直为250万美元（此值是1亿美元以5%计息，半年应得利息[⊜]）。请注意在利率互换中，现金流的计算方式同一般LIBOR现金流计算方式等同，这就是说，通常在某一利率时间段开始时要确定利率，而现金流的交割时间是在利率时间段的最后。

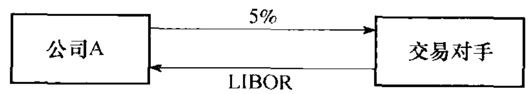


图5-3 基本（标准）利率互换

表5-4 图5-3利率互换中公司A的现金流

日 期	6个月LIBOR利率（%）	收入的浮动现金流	支出的固定现金流	净现金流
2010年3月5日	4.20			
2010年9月5日	4.80	+2.10	-2.50	-0.40
2011年3月5日	5.30	+2.40	-2.50	-0.10
2011年9月5日	5.50	+2.65	-2.50	+0.15
2012年3月5日	5.60	+2.75	-2.50	+0.25
2012年9月5日	5.90	+2.80	-2.50	+0.30
2013年3月5日	6.40	+2.95	-2.50	+0.45

基本利率互换在市场上非常流行，其原因是这一产品的用途较为广泛。图5-3显示利率互换可以把公司A的以LIBOR+1%为基准的浮动利率费用转为6%固定利率费用，对公司A而言，进行利率互换后的合成效果是：

（1）在贷款中，支付LIBOR+1%；

（2）在互换合约中，收入LIBOR；

（3）在互换中，支付5%固定利率。

净支出为6%。利率互换也可以将公司A的4.5%的固定收益转化为LIBOR-0.5%的浮动收益，进入利率互换的合成效果是：

（1）在投资中，收入4.5%；

（2）在互换合约中收入LIBOR；

⊖ LIBOR代表伦敦银行之间资金拆借利率。这一利率是指银行在批量资金存储时的利率，在第7章中我们会有所讨论。

⊜ 在表5-4中，我们忽略了在互换计算过程中的转换天数、假期及日历等许多细节。

(3) 在互换中支付5%固定利率。

整体收益为 LIBOR - 0.5%。

例 5-1

假定一家银行有一浮动利率存款及5年期固定利息的贷款，我们在第7章将讨论，该资金结构会给银行带来很大风险。当利率增加时，银行存款人会选择滚动存入资金而使得银行净利息收入降低。此时银行可以像公司A那样进入类似图5-3所示的利率互换来对冲风险，利率互换使得银行的浮动利息存款转为固定利息存款，另一种看法是将固定利息贷款转为浮动利息贷款。

许多银行已经成为利率互换市场的做市商，表5-5是某家银行给出的利率互换的价目表[㊀]。表5-5第1行显示，这家银行在两年利率互换中，愿意支付6.03%固定利率并同时收取 LIBOR 利率，同时在两年利率互换中，这家银行也愿意收取6.06%固定利率并同时付出 LIBOR 利率，表5-5所示的收入与付出利率的差值为3~4个基点，收入与付出利率的平均值被称为互换利率（swap rate），表中最后一列显示了对应于不同期限的互换利率。

表 5-5 某利率互换造市商提供的互换利率（年利率，%）

期限（年）	买入价（做市商付固定利率）	卖出价（做市商收固定利率）	互换利率	期限（年）	买入价（做市商付固定利率）	卖出价（做市商收固定利率）	互换利率
2	6.03	6.06	6.045	5	6.47	6.51	6.490
3	6.21	6.24	6.225	7	6.65	6.68	6.665
4	6.35	6.39	6.370	10	6.83	6.87	6.850

全球互换及衍生产品协会（ISDA）所制定的互换规则已使得互换交易变得很方便，ISDA已经开发出被市场参与者广泛采用的标准合约。互换合约的设计可以使得将来现金流的流量取决于任何在将来有明确定义的变量。同利率、汇率、商品价格、股指有关的互换合约十分普遍，有时互换合约可能包含嵌入期权（embedded option）。例如，互换合约中的一方可能有权力结束互换合约，或者有几种不同方式来计算资金流。有时互换交易中的收益计算方式十分怪异，业界事例5-4显示了宝洁公司同信孚银行（Bankers Trust）做的一个互换交易。我们在附录D中讨论了互换价格的计算方法。

5.4.4 期权

期权产品在交易所交易市场及场外市场均进行交易，产品可以分成两个基本类型，看涨期权（call option）的持有者有权在将来某一确定时间以某一确定价格买入某种资产，看跌期权（put option）的持有者有权在将来某一确定时间以某一确定价格卖出某种资产。期权合约阐明的约定价格被称为执行价格（exercise price）或敲定价格（strike price）[㊁]；期权合约阐明的特定时间被称为到期日（expiration date）或期限（maturity）。美式期权是指在到期前的任何时间内，期权持有人均可以行使期权；欧式期权是指期权持有人只能在到期日这一特定时间行使期权[㊂]。在交易所买卖的期权大多为美式期权，基础资产数量通常为100股股票。欧式期权比美式期权分析起来要容

㊀ 在美国的标准利率互换合约中，固定利率一般是每6个月付一次，而浮动利率为每3个月付一次。表5-4中的分析假定固定利率及浮动利率均为6个月付一次。

㊁ strike price 又译为行权价格。——译者注

㊂ 这里的术语欧式期权及美式期权同这些产品的交易地点及交易中心无关，有些在北美交易中心交易的期权是欧式期权。

易一些，美式期权的大多数特性是从欧式期权特性中演绎而来。

一个平值期权（at-the-money option）是指期权执行价格同基础资产价格相等。一个虚值期权（out-of-the-money option）指在看涨期权中执行价格高于基础资产价格，也可能是在看跌期权中执行价格低于基础资产价格。实值期权（in-the-money option）是指在看涨期权中执行价格低于基础资产价格，也可能是在看跌期权中执行价格高于基础资产价格。

这里应该强调期权赋予持有者某种权利去做某一项事情，当然持有者可以选择不去行使这一权力。与此对比，远期及期货合约中的双方必须去买入或卖出基础资产，这里我们应该注意到进入远期或期货交易不需要任何费用，而拥有期权必须付费。

芝加哥期权交易所是世界上最大的股票期权交易中心。表5-6显示出英特尔（Intel，股票记号INTC）美式股票期权在2008年8月27日的收盘价，这里期权的执行价格分别为22美元、23美元、24美元及25美元。表中所示期权到期日期分别为2008年9月、2008年10月及2009年1月。其中9月期权的到期日为2008年9月20日；10月期权的到期日为2008年10月18日；1月期权的到期日为2009年1月17日[㊀]。英特尔公司股票在2008年8月27日的收盘价格为23.45美元。

表5-6 2008年8月27日英特尔股票期权价格，股票价格为23.45美元

执行价格（美元）	看涨期权			看跌期权		
	9月8日	10月8日	1月9日	9月8日	10月8日	1月9日
22	1.65	2.10	n.a.	0.21	0.63	n.a.
23	0.90	1.44	n.a.	0.47	0.97	n.a.
24	0.39	0.92	1.69	0.96	1.45	2.21
25	0.12	0.54	1.27	1.68	2.06	2.78

假定某投资人向其经纪人发出购买英特尔股票10月看涨期权的指令，期权执行价格为24美元，经纪人在收到指令后会向芝加哥期权交易所的某交易员发出购买指令。而这一交易员随即会在芝加哥期权交易所交易所内寻找愿意卖出10月到期的、执行价格为24美元的看涨期权的交易员，期权的成交价会在交易员之间达成。假如，期权价格正如表5-6所示，10月期权的价格为0.92美元。这一价格是指单位（也就是能买入一股股票）期权的价格。在美国，期权合约通常对应基础资产的数量为100股，因而投资人必须通过经纪人向交易中心注入92美元资金，然后交易中心会将此项资金转给期权的卖出方。

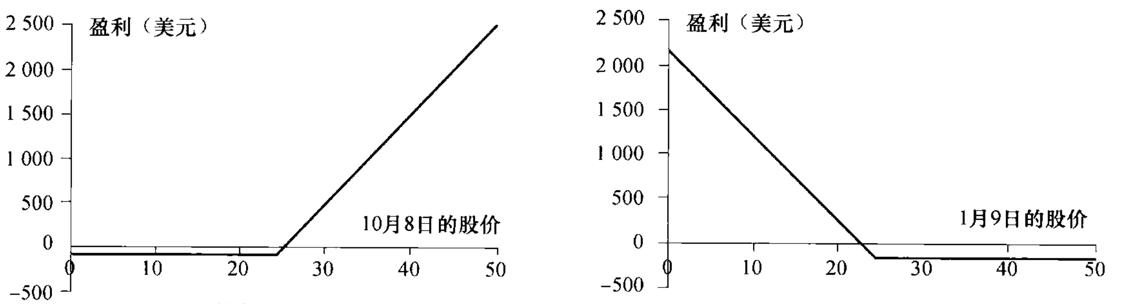
在我们的例子中，投资人以92美元的价格买入了在将来某时刻以每股24美元价格买入100股英特尔股票的权力，期权的卖出方会收入92元资金，其所付出的代价就是当期权持有人行使权力时，卖出方必须以每股24美元的价格卖出100股英特尔股票。如果在2008年10月18日之前，英特尔的股票不高于24美元，从而期权持有人不会行使权力，投资人（期权持有人）因此也就损失了92美元。但是，如果英特尔公司的股票表现好，在期权被行使时，英特尔股票价值30美元，这时期权持有人能够以每股24美元的价格买入每股实际价值为30美元的股票，这会给投资人带来600美元的盈利，将最初的买入期权费用考虑在内，期权持有人实际盈利为508美元。

如果投资人不看好英特尔公司股票，一个可供投资者选择的期权是执行价格为24美元，1月份到期的看跌期权。由表5-6我们可以计算出购买此项期权合约的费用为100×2.21=221美元，投资者因而以221美元的价格买入了一个在2009年1月前以每股24美元的价格卖出100股英特尔

㊀ 交易所选择的到期日为交割月份的第3个星期五之后随即的一个星期六。

股票的权力，如果英特尔股票价格一直高于24美元，期权也就不可能被行使，从而会给投资人造成221美元的损失，但是当期权到期时股票价格为15美元，投资人可以通过以每股24美元的价格卖出实际价值只有15美元的100股英特尔股票，投资人因此可获得900美元的收益，将最初的期权价格考虑在内，投资人实际收益为679美元。

在芝加哥期权交易所内交易的期权为美式期权，但为了便于讨论，如果我们假设这些期权为欧式期权，也就是假设这些期权只能在到期日才能被行使。将投资人的收益作为到期时英特尔股票价格的函数，我们在图5-4中画出期权收益图。



a）买入100份在10月到期的看涨期权，期权的执行价格为24美元

b）买入100份在1月到期的看跌期权，期权的执行价格为24美元

图5-4 看涨/看跌期权收益图

在期权交易时，有四种交易形式：

(1) 买入看涨期权；

(2) 卖出看涨期权；

(3) 买入看跌期权；

(4) 卖出看跌期权。

期权的买入方被称为长（多）头寸方，期权的卖出方被称为短（空）头寸方，卖出期权也被称为期权承约（writing the option）。

期权交易无论是在场外市场或交易所交易市场都十分活跃。事实上，场外市场的期权交易量已经超过交易所交易市场内期权的交易量，交易所交易的期权类型一般是美式期权，而场外交易的期权常常为欧式期权。场外交易期权的特性，例如到期日、执行价格以及面值等均可以满足客户的特殊需要。场外交易期权的特性并不需要和交易所的期权特性保持一致，场外交易期权的面值一般比交易所交易期权的面值更大。

书后的附录E和附录F中，我们将给出用来计算期权价格的数学公式及数值计算方法，这些公式及计算方法适用于不同类型的基础资产。

5.4.5 利率期权

在场外市场交易的重要利率衍生产品包括利率上限（cap）、利率下限（floor）以及互换期权（swap option），如表5-4所示，利率互换是关于一系列浮动利率与固定利率的交换，顾名思义，利率上限对浮动利率进行了限制，这种期权是关于浮动利率（通常是LIBOR）的一系列看涨期权，如果浮动利率高于一定的执行利率（也被称为上限利率），期权持有者会得到收益，收益数量等于浮动利率超出执行利率的那一部分；如果浮动利率低于一定的执行利率，期权持有者不会得到任何收益。收益支付时间与互换现金流支付时间一致，即在利率所覆盖区间的最后。

因为在进入上限合约时，第一时间段利率为已知，通常这一时间没有收益。考虑某交易员在

2010年3月5日进入的合约，上限合约是关于6个月的LIBOR利率，上限期限为3年，上限利率为5.2%，面值为1亿美元，假定市场实现的利率如表5-4第2列所示，在2011年3月5日，期权没有任何收益，2011年9月5日所对应的收益为0.5×(0.0530－0.0520)×100（以100万美元计），即50000美元；类似地，期权在2012年3月5日、2012年9月5日及2013年3月5日的收益分别为150000美元、200000美元及350000美元。

利率下限是关于浮动利率的一系列看跌期权，如果以上例子是一个利率下限，而不是上限，在2011年3月5日，期权的收益为0.5×(0.0520－0.0480)×100(以100万美元计)，即200000美元，在其他时间，期权没有任何收益。

利率期权的持有者在将来某个时刻有权进入某个利率互换，互换的固定利率就是期权的执行利率。利率互换期权分为两类：一类是期权持有者有权在将来支付固定利率，收入浮动利率LIBOR；另一类是期权持有者有权在将来支付浮动利率，收入固定利率。

5.5 保证金

现在是一个很好的时机来讨论保证金（margin），保证金是交易员向经纪人或交易对手支付的现金或其他证券，支付保证金有以下原因：

（1）交易员借入资金来买入资产，这一交易行为被称为凭保证金购买（buying on margin），交易员支付的保证金是用于支付买入资产的费用。

（2）交易员进入的合约在今后可能会造成他在将来欠债，这时，保证金可以被看做是交易的抵押品，通过支付抵押品，交易员可以声称：“我完全有能力进行这一交易，我支付的保证金可以用于应付今后的损失。”

涉及保证金的交易每天都受到监测，有时在交易中，交易员需要支付起始保证金，当市场向不利于交易员的方向变动时，可能会触发追缴保证金通知（margin call），即交易员需要支付更多的保证金，如果在一定的时间段（一般是24小时）内不能支付保证金，交易员的交易可能会被平仓。最为普遍的保证金形式是现金，但有时交易员持有的资产也可能用于保证金支付，例如，短期国债可以用做保证金，但短期国债可能只能被作为面值的90%来计量保证金，而股票可能只能被作为面值的50%来计量。

交易所市场和场外市场均有保证金机制，例如，交易所要求期货合约的交易双方、期权短头寸方、股票卖空方均要支付保证金。在场外市场的远期和互换交易中，银行常常要求交易对手支付保证金。我们在第4章讨论的对冲基金利用大量的杠杆交易，有些杠杆交易是通过保证金来实现的。保证金的运作方式多种多样，我们在本节将给出一些例子。

5.5.1 以保证金买入

许多资产可以通过保证金形式来买入。例如，我们考虑交易员通过经纪人以保证金形式买入了1000股股票，每股价格为120美元，经纪人要求初始保证金（initial margin）为50%，维持保证金（maintenance margin）为25%。初始保证金是指在最初交易时，交易员最初支付以起始费用百分比为计量的资金数量，在这一例子中，交易员必须在经纪人那里支付60000美元的现金，或其他等价的可被接受用于作为保证金的证券，交易员从经纪人那里借入了用于买入股票的另外60000美元现金（经纪人将股票用于抵押品），在最初交易时，保证金账户的余额为60000美元，交易员借入资金数量为60000美元，股票头寸的盈亏（profit & loss）会体现在保证金账户的余额上，这一余额可以被看做是交易员在头寸中的本金。

维持保证金（该例中为25%）是指保证金账户的余额作为买入股票价值的百分比的最低数量，当保证金低于这一最低数量时，交易员会收到追缴保证金通知，这时交易员要支付额外保证金来达到维持保证金的水平。

假定股票价格下跌了10美元，保证金账户中的余额减少至50 000美元，最初的买入股票价值跌至110 000美元，从经纪人借入的资金仍为60 000美元，保证金占资产价值的比率为50 000/110 000，该比率仍高于25%，这时不会有追缴保证金通知（在计算中，我们忽略了经纪人对借出资金所收取的利息）。假定，在接下来一个短时间内，股票价格跌至每股78美元，持有的股票头寸的损失为120 000 - 78 000 = 42 000(美元)，保证金账户余额下降到60 000 - 42 000 = 18 000(美元)，股票价值为78 000美元，保证金占资产的比率为18 000/78 000 = 23.1%，该比率低于25%，这从而会触发追缴保证金通知，交易员必须支付保证金，并保证保证金的数量要达到资产价值的25%，这意味着交易员需要提供的附加保证金为0.25 × 78 000 - 18 000 = 1 500(美元)。如果交易员不能及时提供保证金，经纪人会变卖股票；但如果交易员及时提供了保证金，交易头寸会被维持，交易员从经纪人处借入的资金减至58 500美元。

5.5.2 卖空中的保证金

当交易员进行卖空交易时，一个典型初始保证金数量为股票价值的150%，假定某个交易员在股价为60美元时卖空100股股票，如5.2节所示，交易员首先要借入股票，然后在股票市场出售，交易员收入卖出所得资金6 000美元，但是，最初的资本金是买入股票价值6 000美元的150%，即9 000美元，交易员支付的保证金等于最初买入的股票价值外加3 000美元。在这个例子中，当股票价格下跌时，保证金账户的余额会增加；当股票价格上涨时，保证金账户的余额会减小。

假定维持保证金的水平为125%，这意味着，当保证金低于股票价值的125%时，交易员会收到追缴保证金通知，并使得保证金的水平达到股票价值的125%。假定股票价格涨至为70美元，卖空股票的价值为7 000美元，维持保证金为1.25 × 7 000，即8 750美元，最初的9 000美元保证金足以满足要求。但是，当股票涨至为80美元时，维持保证金为1.25 × 8 000，即10 000(美元)，这时会有追缴保证金通知，附加保证金为1 000美元，如果追缴保证金不能满足，头寸会被平仓。

注意以上例子与以保证金买入例子的不同，在以保证金买入的例子中，60 000美元资金是从经纪人那里借入的现金，交易员必须支付利息，在以上例子中，任何额外的保证金投入仍属于交易员，如果交易员有一个好的经纪人，经纪人会给保证金支付利息。

5.5.3 期货交易中的保证金

考虑我们以上讨论的交易员，该交易员在9月份黄金期货价格为780美元时买入一个合约(关于100盎司黄金)，假定初始保证金为每个合约2 000美元，维持保证金为每个合约1 500美元，在交易时，交易员必须支付2 000美元保证金，期货的损失会在保证金账户上扣除。假定金价跌至778美元，交易员损失200美元（交易员同意以每盎司780美元买入黄金，而当前每盎司黄金只值778美元)，保证金账户的余额从最初的2 000美元减至1 800美元，因为保证金账户仍高于维持资本金水平，不会有追缴保证金通知。如果在接下来的一天，金价跌至774美元，交易员损失400美元，保证金账户的余额将减至1 400美元，数量低于维持保证金的水平，交易员会收到追缴保证金通知，要求保证金达到初始保证金的水平，额外保证金数量为600美元。如果交易员在24小时内不能支付保证金，经纪人会对交易进行平仓。注意以上过程与以保证金买入过程的区

别，这里交易员支付的额外保证金要保证整体保证金数量与最初保证金持平，在其他凭保证金购买过程中，交易员支付的额外保证金要保证整体保证金数量与维持保证金持平。

对卖出期货合约的交易员的保证金要求类似于对买入期货合约的交易员的保证金要求，交易员会挣得保证金账户资金的利息。如上所述，由于期货每天都要进行结算，在期货价格上涨时，卖出期货交易员保证金账户的资金会流入买入期货交易员的保证金账户；而在期货价格下跌时，买入期货交易员保证金账户的资金会流入卖出期货交易员的保证金账户。

5.5.4 期权交易中的保证金

当交易员以现金形式买入期权，在这种情况下没有保证金要求，因为交易员在将来无论如何也不会成为负债人。在市场上，投资人能够以保证金形式买入期限长于9个月的股票期权和股指期权，初始保证金和维持保证金均为期权价值的75%。

当期权被卖出时，期权卖出人在将来会有潜在的债务，因此会要求期权卖出人支付保证金。当对一个股票看涨期权承约（write a call option）时，期权卖出者的初始保证金和维持保证金是以下两个数量中最大的一个。

（1）期权价值的100%，外加在股票价格减去期权的虚值（out of money）数量（在虚值期权情形）的20%。

（2）期权价值的100%，外加股票价格的10%。

当对一个股票看跌期权承约（write a put option），期权卖出者的初始保证金和维持保证金是以下两个数量中最大的一个。

（3）期权价值的100%，外加在股票价格减去期权的虚值（out of money）数量（在虚值期权情形）的20%。

（4）期权价值的100%，外加执行价格的10%。

如果交易员持有股票的其他头寸，以上保证金数量可以被调整，例如，如果一个交易员持有一个有掩护的头寸（即交易员卖出了一定数量的看涨期权，同时持有同一数量的股票），这时对卖出的期权没有保证金要求。

5.5.5 场外市场中的保证金

银行常常要求交易方在场外市场的远期和互换交易中支付资本金，这一做法被称为对交易进行抵押（collateralizing the trade）。假定一家银行与某个企业之间进行了一个利率互换交易，在交易刚刚开始时，交易价值为0，交易双方各不相欠，但随着时间的变化，互换价值对某一方价值为正；而对另一方价值为负。

交易时，银行可能给企业一定的信用（例如500万美元），对银行而言，互换价值低于500万美元时，企业无须支付保证金；但是，如果互换价值高于500万美元（即企业的债务高于500万美元），银行会要求企业支付保证金。例如，如果互换对企业的价值为-700万美元，对银行的价值为700万美元时，企业需支付200万美元的保证金（对于保证金，银行需要支付利息），交易的价值需经常（例如每天）检测，保证金会得到随时调整。

在一个双向安排（two-way arrangement）中，如果互换价值对公司/企业有利，并且价值超出一定数量时，银行也要支付保证金。对冲基金总是要求双向安排。在雷曼兄弟违约，并且其他银行出现运作问题时，非金融机构也纷纷要求双向安排。同时，市场的另一个进展是，监管人员也要求清算中心来处理某些场外市场交易的保证金和结算事宜。

我们将在第15章讨论抵押合约（collateralization agreement），以及与同一个对手进行多项交易

的运作过程。

5.6 非传统衍生产品

对于经济现象中的各种风险，金融工程师总会开发出一些衍生产品来帮助市场参与者应对风险头寸，市场参与者的交易对手可能是：①持有相反头寸的其他市场参与者；②愿意承担风险的投机者。本节我们将讨论为满足市场参与者的特殊要求而开发出的衍生产品。

5.6.1 气候衍生品

许多公司的业务表现都可能会被恶劣天气影响[1]，可以讲这些公司对于气候风险的对冲需求就像有些公司对于外汇或利率风险的对冲需求一样。

第一个气候衍生产品是在 1997 年被首次引入的。为了解释气候衍生产品的机制，我们需要解释下面两个变量：

HDD：升温天数（heating degree days）。

CDD：降温天数（cooling degree days）。

一天的 HDD 定义如下

$$\text{HDD} = \max(0,\ 65 - A)$$

而一天的 CDD 则定义成

$$\text{CDD} = \max(0,\ A - 65)$$

式中，A 是指某个指定气象台报告的每天最高以及最低温度平均值，这里的温度计量以华氏温度计量。例如某一天（子夜与子夜之间）的最高温度为华氏 68°，最低温度为华氏 44°，这时 $A = 56$，因此 HDD = 9，CDD = 0。

典型的场外交易气候衍生产品包括远期合约和期货合约。合约的收益通常与一个月累积的 HDD、CDD 有关（累积 HDD 及 CDD 分别等于一个月内 HDD 之和及 CDD 之和）。例如，某交易商在 2009 年 1 月卖给客户标的变量为 2010 年 2 月累积 HDD 的看涨期权，温度观测地点为芝加哥奥黑尔（O'Hare）机场气象台，合约执行价格为 700 美元，而对于天气的每一度（高于 700），期权收益为 10 000 美元，如果实际的为 820 美元，那么期权收益为 120 万美元。一般在合约中包括一个上限，如果例子中的合约上限为 150 万美元，这时客户的头寸等价于一个牛市差价。客户持有一个标的变量为累积 HDD，执行价格为 700 的期权长头寸与一个执行价格为 850 的期权短头寸。

一天的 HDD 是该天为取暖所需能源消耗的度量，一天的 CDD 是该天为降温所需能源消耗的度量。大多数气候衍生产品的客户是能源供应商和能源消耗者。但是零售商、超级市场、食品及饮料制造商、健康服务公司、农产品生产商以及娱乐服务业都可能是气候衍生产品的用户。天气风险管理协会（The Weather Risk Management Association）的建立正是为了给气候衍生产品的客户提供服务。

在 1999 年 9 月，芝加哥商品交易所（CME）开始交易天气期货以及欧式天气期货期权。合约的标的变量为在某气象台所观测到某月的累积 HDD 以及 CDD，[2]合约以现金方式交割，交割时间为每月末当 HDD 及 CDD 都成为已知的时刻。期货合约是基于 100 美元乘以累积 HDD 或 CDD，而

---

[1] 美国能源部估计有 1/7 的美国经济受天气风险制约。

[2] CME 引入了与 10 个不同气象台，即亚特兰大、芝加哥、辛辛那提、达拉斯、拉斯韦加斯、得梅因、纽约、费城、波特兰、图森有关的合约。

HDD 及 CDD 的数据由地球卫星公司（Earth Satellite Corporation）利用自动数据采集设备来取得。

在 21.1 节里我们曾指出信用衍生品的收益含有系统风险，因此我们不能将由历史数据所计算出的违约概率应用于定价目的。气候衍生产品的收益与系统风险无关，因此我们可以采用历史数据来对产品定价。例如，考虑上面的标的变量为 2008 年 2 月芝加哥奥黑尔机场的 HDD 看涨期权，我们可以采集 50 年的数据来估计 HDD 的概率分布，然后利用估计出的概率分布来对期权定价。期权价格等于期权收益均值以无风险利率的贴现。我们可以对概率分布加以调节以便反映温度的趋向。例如，采用线性回归模型我们可能得出 2 月份的 HDD 以每年数量为 10 的平均速度下降，这个回归模型结果可以用来估计调节后的 2008 年 2 月份 HDD 的概率分布。

5.6.2 石油衍生品

原油是世界上最重要的商品之一。全球对原油的日需求量是 8 000 万桶。10 年期的固定价格供油协约已经在场外市场流行了许多年。这些协议通常是以固定价格原油与浮动价格原油进行交换。

在 20 世纪 70 年代，原油价格波动幅度很大。1973 年中东战争使得油价增长了 3 倍，70 年代后期伊朗国王的垮台又使得油价上涨。这些事件使得原油生产商和用户意识到他们需要一个更为复杂的工具来管理油价风险。1980 年，场外市场和交易所都纷纷开发出了新产品以满足这一需求。

在场外市场，几乎所有用于普通股票、股票指数的衍生产品都被搬到了以原油价格作为标的变量的产品上。互换协议、远期合约以及期权已经非常普遍。合约的交割形式有时是现金有时是现货交付（即交付石油）。

交易所的产品也非常流行。纽约商品交易所（NYMEX）以及国际石油交易所（International Petroleum Exchange，IPE）交易许多远期期货及期货期权。有些期货的交割方式为现金，而其他的合约交割方式为实物交付。例如，在 IPE 交易的布伦特原油期货交割方式为现金交付，其计算方式基于布伦特指数价格；在 NYMEX 交易的轻质无硫（light sweet）原油期货需要实物交付。两种情形下一份合约所对应的石油量均为 1 000 桶。同时也交易两种成品油合约：取暖油和汽油。这两种合约所对应的油量均为 42 000 加仑。

5.6.3 天然气衍生品

国际天然气业在近年来都经历了许多管理条规的变化，政府垄断的现象已经消失。由于天然气供应商并不一定是天然气生产商，所以供应商每天都面临货源问题。

场外合约的一个典型目的是为了约定在某个月内以大体上一致的速度交付一定数量的天然气。场外市场上有远期合约、期权以及商品互换交易。天然气的卖出方要负责通过天然气管道将天然气送达某个指定地点。

NYMEX 交易的合约计量单位为 100 亿英国热量单位（British thermal units）的天然气。如果合约没有被提前平仓的话，那么卖出方需要在某个月以大体一致的速度将天然气运到路易斯安那州（Louisiana）指定的天然气枢纽。在伦敦的 IPE 也交易类似合约。

5.6.4 电力衍生品

电力是一种特殊商品，这是因为电力很难存储。[⊖]某一地区在某时刻电力供应与在这一地区所

⊖ 具有剩余电力能源的生产商可以采用水泵将水输入发电厂高处，并在今后需要能源时以水力发电，这大概是生产商所能做到的最好的电力储存方式。

有的发电能力有关。在美国有140个地区属于管制性地区（control areas）。在管制性地区，电力的需求与供应要首先达到匹配，然后才能将额外电力卖给其他的管制性地区。这些额外能源是电力交易市场的主要构成产品。一个管制性地区卖给另一个管制性地区的电力数量还取决于两个地区之间的输电能力，而且不同地区的电力输导会涉及输导费用。这一费用由输电设备的拥有者掌握。在输电过程中往往会有电力能源的损耗。

电力的主要用途之一是为空调系统提供能源。因此对于电力的需求以及价格在夏天要高于冬天。而电力的不可存储性有时会造成现市市场价格的大幅度波动。我们曾听说过在短时间内的天气热浪造成价格上涨达1 000%。

像天然气市场那样，电力市场近年来也经历了许多管理条规的变化。政府的垄断已被消除，同时也产生了电力衍生产品市场。在NYMEX人们能够交易标的变量为电力价格的远期合约、期权以及互换产品。一个典型的合约（交易市场型或场外型）允许某交易方在某一指定月份以一定的价格收到一定数量的千瓦小时（megawatt hours）的电力。在一个5×8合约中，电力接收时间为某指定月份中每周5个工作日（星期一至星期五）的非高峰时间（晚上11点至早上7点）；在一个5×16合约中，电力接收时间为某指定月份中每周5个工作日的高峰时间（早上7点至晚上11点）；在一个7×24合约中，电力接收时间为指定月份中每天的任意时刻。期权合约的行使权利有日行使（daily exercise）以及月行使（monthly exercise）两种形式。在日行使形式中，期权的持有人可以在某月的任何一天（必须有一天的准备期）以某指定价格接收一定数量的电力；在月行使形式中，期权持有人必须在某个指定月的月初决定是否以某指定价格接收一定数量的电力。

一个有趣的电力和天然气合约为**摆动期权**（swing option）或持有和付账（take and pay option）。这种合约通常阐明期权持有人以某指定价格每天接受电力的最低数量以及在每月所接收电力的最高数量，期权持有人可以变化（摆动）在每月买入电力的速度，但一般来讲合约对期权持有人的变化次数有一定限制。

5.7 奇异期权和结构性产品

许多奇异期权（exotic option）和结构式产品（structured product）在场外市场进行交易，虽然这些产品的交易数量小于在5.4节所讨论的标准衍生产品的交易数量，但这些产品对银行而言仍非常重要，这些奇异期权和结构性产品的盈利要比简单产品更为丰厚。

以下列出几种奇异期权。

亚式期权（Asian options）：亚式期权同一般简单期权相近，只是在期满时回报有所不同，亚式期权的回报同基础资产在某一固定时间段价格的平均值有关。例如，一个1年期的亚式期权在期满时的回报等于 $\max(\bar{S}-K, 0)$。其中 $\bar{S}$ 为过去一年资产价格的平均值，K 为行使价格。

障碍期权（barrier options）：这些期权往往在基础资产的价格达到一定水平后，才得以存在或者消失。例如，一个敲出（knock-out）看涨期权的行使价格为30美元，障碍价格为20美元。此敲出看涨期权与普通看涨期权的唯一区别就是当基础资产价格低于20美元时，这一期权自动消失。

篮筐期权（basket options）：这种期权的基础资产为一投资组合而不是单一资产。

两值期权（binary options）：这种期权在某种条件满足时会给出固定数量的回报。例如，一个1年期两值期权回报可以是当1年期内股票价格高于20美元时，回报为1000美元。

复合期权（compound options）：这种期权的内含基础资产也是期权，复合式期权有四种形式：看涨看涨期权（a call on a call）、看涨看跌（a call on a put）、看跌看涨（a put on a call）以及看

跌看跌（a put on a put）期权。例如，一个看涨看涨期权给期权持有者权利买入期权，此期权中最原始的基础资产当前价格为 15 美元，此复合期权中第一层期权的到期期限为 1 年而所对应的行使价格为 1 美元，复合期权的基础资产（此时也为看涨期权）的期限为 3 年，其对应的行使价格为 20 美元。

回望期权（lookback options）：此类期权在到期时所对应的回报与基础资产在过去一段时间内的极大值或极小值有关。例如，某 1 年期的期权在到期时回报等于 $S_T - S_{\min}$，其中 S_T 为到期时的基础资产价格，而 $S_{\min}$ 为从现在到 1 年到期时的资产价格的最小值。

有时奇异期权比标准期权能更为有效地对冲一定的风险。如业界事例 5-3 所述，微软公司采用亚式篮筐式期权来管理其风险。

结构性产品是由银行为满足投资者和企业的特殊需求而创造出来的，一种产品是保底证券（principal protected note），其中银行给投资人挣取 S&P 500 部分收益的机会，并同时保证收益不会为负。另外一类高结构性产品如业界事例 5-4 所示[⊖]（在这一例子中，信孚银行究竟是想满足客户需求，还是出售客户不理解的产品来挣取利润，仍十分有争议）。

业界事例 5-3

微软的对冲决策

微软一直十分积极地管理其所面临的汇率风险。在某些国家和地区（如欧洲、日本及澳大利亚），微软的收入为本地货币，微软每月都将收入转化为美元。在这些以当地货币计量收入的国家，微软自然也就有对当地货币的风险暴露。而在其他国家和地区（如拉美、东欧以及南亚），微软的收入直接以美元来计量，乍一看在这些国家和地区微软没有汇率风险，其实不然。

假如美元相对于业务直接以美元计量的国家的货币升值了，这些国家的人会发现买入微软产品更加困难，本地人需要用更多的本地货币换取美元，然后再买入微软产品。美元升值会迫使微软降价，否则微软的销售额就会降低。从而我们可以得出无论是以当地货币计价或直接以美元计价，微软都会有汇率风险，这一点再一次阐明构造对冲决策时一定要从大局考虑。

微软希望用期权来对冲其汇率风险。假如，微软有一年的展望期，微软认识到自身的外汇风险（如日元/美元）同汇率在一年中的月平均值有关，这是因为微软在每月有相同数量的日元被转化成美元，因此微软决定采用亚式期权而不是欧式期权来对冲其风险暴露。进一步，微软认识到其净风险暴露与其所经营业务所在国家的汇率的某种加权平均有关，进而微软采用篮筐期权（也就是期权的基础资产为某些变量的加权平均）。综上所述，微软希望在金融机构购买的期权为亚式篮筐看跌期权，这种期权的费用远远少于由每个月作为期限、各种汇率作为标的变量的看跌期权的组合费用（见练习题 5.23），亚式篮筐看跌期权准确地提供了微软所寻求的汇率保护。

微软也面临其他类型的财政金融风险。例如，微软持有投资组合会对利率有风险暴露（当利率增加时，投资组合会有损失），微软也会对两种不同形式的股票有风险暴露，第一种暴露是针对其投资的公司股票，第二种暴露是针对自身股票的风险暴露，这是因为公司要有规律地购买自身股票以作为对雇员的奖励，针对这些因素微软通常会采用较复杂的期权来对冲其风险。

⊖ 这一交易在后来成为一个诉讼的焦点，其细节在许多公开区域可以获得，见 D. J. Smith，“Aggressive Corporate Finance: A Close Look at the Procter and Gamble-Bankers Trust Leveraged Swap.”，Journal of Derivatives 4，No. 4（Summer 1997）：67－79。

业界事例 5-4

宝洁公司的怪异交易

宝洁公司在1993年11月2日同信孚银行做了一笔被称做“5/30”的离奇的互换交易，这一交易期限为5年，每半年有资金交付，交易的面值为两亿美元，信孚银行在交易中付年息为5.3%的固定利率，而宝洁公司付给信孚银行的利率为30天的CP（商业票据）的平均利率减去75个基点再加上某个利差，这里商业票据的平均利率是在利率观测区间30天的商业票据利率的平均值。

在第一个付款日（1994年5月2日），利差为零。在接下来的几个付款日，利差为

$$\max\left[0, \frac{98.5\left(\dfrac{5\text{年的期 CMT 利率\%}}{5.78\%}\right) - (30\text{年期的 TSY 价格})}{100}\right]$$

式中，CMT为固定期限国债利率（此利率是由美联储报告的5年国债利率），30年期TSY价格是在2023年8月满期的，券息为6.25%的国债的买入价与卖出价的平均值。注意，以上计算公式的计量为百分比，而不是以基点为计量。例如以上公式所求得的利差为0.1而CP平均利率为6%，由此可以算出给信孚银行利息为0.1+0.06-0.0075=15.25%。

宝洁公司做此交易时，希望利差大约为负，因此宝洁公司可将5.3%的固定利率转化为此商业票据减去75个基点的浮动利率。而事实上，1994年的利率飞涨，债券价格下跌。这笔交易令宝洁公司付出了惨重的代价（见作业题5.36）。

5.8 风险管理的挑战

期货、远期、互换、期权和结构性等衍生产品变化莫测，他们可以用来对冲风险也可以用来投机及套利（对冲可以减少风险；投机通常要承担风险；套利通常是通过进入两种交易或更多交易来锁定盈利）。产品的多变性会带来危害，有时一些被指定只能做对冲或套利的交易员会在自觉或不自觉之中成为市场投机者，而投机的后果有时是灾难性的，巴林银行的尼可·利森（Nick Leeson）给我们提供了典型的反面教材（见业界事例5-5）[⊖]。

业界事例 5-5

巴林银行的灾难

衍生产品变化莫测，它们可以用于对冲风险也可以被用来投机和套利，有时某些被指定只能做对冲或套利的交易员会在自觉或不自觉之中成为市场投机者，这正是公司在交易衍生产品时所面临的挑战之一。

尼可·利森是1995年巴林银行派往新加坡分行的一名雇员。利森的职责是在大阪交易所与新加坡交易所之间识别日经225（Nikkei 225）期货指数的套利机会，而在交易过程中，利森由一个套利者变成了一个投机者，而他的转变并没有引起巴林银行总行管理人员的注意，利森的投机交易带来了损失，但他能找到办法将损失掩盖。后来他下更大的赌注试图挽回损失，但他的努力适得其反，最后利森的总损失接近10亿美元，这一损失造成了一个存在了近200年的银行破产。

在巴林银行的灾难中，我们可以吸取的一个重要教训是：在交易中，金融或非金融机构一定要给交易员定义一个清楚的限额，对限额要进行谨慎地检测并保证交易员遵守限额。

⊖ 电影《无赖交易员》非常精彩地描述了巴林银行失败的过程。

要想避免类似巴林银行的错误，金融或非金融机构一定要控制其衍生产品的交易。衍生产品一定要用于正确的目的，在交易中必须建立风险额度，银行必须监控交易员的交易以保证交易额度制度的贯彻执行。我们将在本书后面的章节中讨论这一观点。

5.9 小结

金融产品在两类市场交易：交易所交易市场以及场外市场。本章我们讨论了即时交易、远期合约、期货、互换以及期权产品。远期合约或期货合约赋予合约持有者一种义务，持有者必须在将来某一指定时刻以某一约定价格买入或卖出某基础资产。互换合约约定互换的双方在将来交换现金流，而交换的现金流的数量可能与某种或多种市场变量有关。期权合约分成两种：看涨及看跌期权。看涨期权给期权持有者一种权利在某一时刻以某一指定价格买入某资产，看跌期权给期权持有者一种权利在将来某一时刻以某一指定价格卖出某一资产。

远期、期货及互换合约可以用来锁定将来要发生的交易的价格。与此相比，期权提供价格保险，这一保险使得在将来某时刻的交易价格不会比某一选定价格更差。奇异期权或结构性产品可以用来满足企业资金部的特殊要求。例如，在业界事例5-3中我们看到亚式篮筐式期权可以被微软公司用来对冲公司在某一特定时间区间内对于几种不同风险源的风险暴露。

保证金是交易员在经纪人或交易对手处的保证金账户中存入的现金或其他可变现证券。当交易员想借入资金，或交易可能会给交易员带来债务时，市场采用保证金做法，交易员的头寸每天都得到检测，每天可能会有追缴保证金通知，一般来讲，当交易员在24小时内不能支付保证金时，交易会被平仓。

市场上对于大量不同的变量均有衍生产品交易，本章我们回顾了与气候、石油、天然气和电力有关的衍生产品，我们也讨论了奇异期权和结构性产品。

推荐阅读

Boyle, P., and F. Boyle, *Derivatives: The Tools That Changed Finance*. London: Risk Books, 2001.

Flavell, R., *Swaps and Other Instruments*. Chichester: Wiley, 2002.

Geczy, C., B. A. Minton, and C. Schrand, "Why Firms Use Currency Derivatives," *Journal of Finance*, 52, 4 (1997): 1323 – 54.

Litzenberger, R. H., "Swaps: Plain and Fanciful," *Journal of Finance*, 47, 3(1992): 831 – 50.

Miller, M. H. "Financial Innovation: Achievements and Prospects," *Journal of Applied Corporate Finance*, 4 (Winter 1992): 4 – 11.

Warwick B., F. J. Jones, and R. J. Teweles, *The Futures Games*, 3rd edn. New York: McGrawHill, 1998.

练习题

5.1 远期合约短头寸和长头寸的区别是什么？

5.2 请解释对冲、投机以及套利的不同之处。

5.3 在某远期交易中，投资人在远期价格为50美元时进入长头寸方，而另一交易是投资人买入执行价格为50美元的看涨期权。这两个交易的不同之处是什么？

5.4 请详细解释卖出看涨期权及买入看跌期权的不同之处。

5.5 某投资人作为一远期合约的短头寸方同意在某一时刻以每英镑1.900 0美元的价格卖出10万英镑。在合约结束时汇率分别为：(a) 1.890 0；(b) 1.920 0，对应以上汇率投资人的盈亏分别为多少？

5.6 某交易员作为棉花远期合约的短头寸方同意

在将来某时刻以每磅50美分价格卖出棉花，合约面值为50 000磅棉花。当合约结束时棉花的价格分别为：（a）每磅48.20美分；（b）每磅51.30美分，对应以上价格交易员的盈亏为多少？

5.7 假定你卖出了一个执行价格为40美元、3个月期限的看跌期权，当前股票的价格为每股41美元，每份期权合约是100股股票。卖出这一期权后，你有什么样的义务呢？在此合约中你的盈利及亏损为多少？

5.8 场外交易市场和交易所交易市场的区别是什么？在这两个市场中哪一个会进行以下产品的交易：（a）远期合约；（b）期货；（c）期权；（d）互换以及（e）奇异期权。

5.9 你投机于某股票，希望价格会上涨。当前市场上股价为29美元，而执行价格为30美元，3个月期限的看涨期权的价格为2.9美元，假设你有5 800美元可以用于投资，请陈列出两种可以达到你的投资目的的投资方式，第一种投资方式只涉及股票投资而第二种方式应涉及期权，在两种投资中可能的盈亏各为多少？

5.10 假如你拥有5 000股每股价格为25美元的股票，你如何采用一个看跌期权而使得在将来4个月时价值得到保护？

5.11 股票在最初发行时会给公司提供资金，而对期权来讲这种说法是否正确？请讨论。

5.12 假如一个在3月份到期的看涨期权价格为2.5美元，期权执行价格为50美元。假设期权一直被持有到3月份到期日，在什么情形下期权持有人会盈利？在什么情形下持有人会行使期权？

5.13 假如一个在6月份到期的，执行价格为60美元的看跌期权价格为4美元。假设期权被一直持有到到期日。在什么情形下期权的卖出方会盈利，在什么情形下期权会被行使？

5.14 假如一个公司得知今后4个月时会收到一笔外汇，什么样的期权可以用来作为这笔外汇的对冲产品？

5.15 一家美国公司得知在将来6个月要支付100万加元。请解释如何采用（a）远期合约及（b）期权产品来对冲汇率风险。

5.16 在20世纪80年代，信孚银行开发了一种指数货币期权债券（index currency option notes，ICON）。债券持有人在到期时收到的回报与汇率有关，信孚银行某交易对手是日本长期信用银行（Long Term Credit Bank of Japan），在ICON中约定，在到期日（1995年）如果汇率高于169（YEN/USD），债券持有人会收到1 000美元；若到期日的汇率低于169（YEN/USD）时，债券持有人的回报为

$$1\,000-\max\left[0,\ 1\,000\left(\frac{169}{S_T}-1\right)\right]$$

当到期日的汇率低于84.5时，债券持有人回报为零。请证明ICON是由一个简单债券与两个期权的组合。

5.17 假如USD/GBP即期及远期汇率如下表所示

即期	1.608 0
90天远期	1.605 6
180天远期	1.601 8

当有以下（a）和（b）两情形同时出现会给套利者创造什么样的机会：

（a）180天期，执行价格为1.57（USD/GBP）的欧式期权价为2美分；

（b）90天期，执行价格为1.64（USD/GBP）的欧式期权价格为2美分。

5.18 一家公司已经持有在今后5年提供5%的固定收益率的投资，此公司希望以表5-5所示的互换价格将固定回报投资转化为浮动回报投资。请解释公司如何达到这一转换？

5.19 假定一家公司在今后以固定利率7%借入资金，请解释公司如何用表5-5所显示的互换价目表来将固定利息的负债转化为浮动利息负债。

5.20 一家公司有一利息为LIBOR+1%的浮动利息负债，请解释这家公司如何用表5-5所示价格将这一浮动利息负债转化为三年固定利息负债。

5.21 一个玉米农场的农场主有以下论点：“我不采用期货来对冲我面临的风险，我的真正风险并不是玉米的价格变化，我所面临的真正风险是糟糕的气候可能使我颗粒无收。”请讨论这一观点，这个农民是否应该对玉米预期产量有所估计，然后采用对冲

策略来锁定预期价格。

5.22 一个航空公司主管有以下论点："对冲航空燃料价格毫无意义，这样做会得不偿失。"请解释此主管的观点。

5.23 为什么说微软公司采用的亚式篮筐式看跌期权的价格要远远低于相应的包含所有货币及期限的看跌期权的组合价格（见业界事例5-3）。

5.24 一个美国的投资人卖出了5份看涨期权合约，期权价格为3.50美元，执行价格为60美元，股票价格为57美元，对这一交易，最初的保证金要求为多少？

5.25 "油价，天然气以及电力价格都具有回归均值的性质。"这句话的含义是什么？哪个产品具备最快的回归均值速度？哪个产品具有最慢的回归均值速度？

5.26 当我们增加观测基础资产是否达到障碍水平的频率时，一个敲出看涨期权的价格是有所增加还是有所减小？

5.27 假定7月份每一天的最低温度为华氏68°，最高温度为华氏82°，一个关于7月份累积CDD，执行价格为250的期权收益为多少？假定每一度的收益为5 000美元。

5.28 解释一个5×8并且为2010年5月依每天行使的电力期权运作方式。解释一个5×8并且为2010年5月依月行使期权的运作方式，这里哪一个期权价值更高？

5.29 一个交易员在股票价格为50美元时卖空了500股股票，初始准备金要求为160%，维持资本金要求为130%，交易员最初需要支付的准备金数量为多少？股票上升到多少时会产生准备金催付？

作业题

5.30 一家公司进入一个期货合约的短头寸，合约阐明在期货到期时，该公司要以每蒲式耳250美分的价格卖出5 000蒲式耳小麦，期货合约的初始准备金为3 000美元，维持资本金为2 000美元，期货价格变化多少时会产生准备金催付？在什么情况下，公司可以从准备金账户中提取1 500美元？

5.31 股票的当前市价为94美元，同时一个3个月期的、执行价格为95美元的欧式期权价格为4.70美元，一个投资人认为股票价格会涨，但他并不知道是否应买入100股股票或者买入2 000个（相当于20份合约）期权，这两种投资所需资金均为9 400美元。在此你会给出什么建议？股票价位涨到什么水平会使得期权投资盈利更好？

5.32 一个由标准石油公司发行的债券形式如下：债券持有人不会收到通常的券息，但在债券到期时公司会给债券持有人偿还1 000美元本金并附加石油价格在债券持有期内的增值，这一增值等于170乘以在到期时石油价格高于25美元的差额，增值的最大限额为2 550美元（这价格对应每桶40美元）。请说明这一债券是由一个简单债券、一个执行价格为25美元的看涨期权长头寸和一个执行价格为40美元的看跌期权短头寸组合而成。

5.33 当前黄金市价为每盎司500美元，一个一年期的远期合约的执行价格为700美元，一个套利者可以以年利率10%借入资金，套利者应如何去做以达到套利目的？这里我们假设黄金存储费为0，同时黄金不会带来任何利息收入。

5.34 某公司某项投资回报率为LIBOR－0.5%。请解释此公司如何用表5-5所示价格来将公司浮动利率投资转化为期限分别为：（a）3年；（b）5年；（c）10年的固定利率投资。

5.35 一个投资人进入远期合约买入方，执行价格为K，到期时间为将来某一时刻。同时此投资人又买入一个对应同一期限，执行价格也为K的看跌期权，将这两个交易组合会造成什么样的效果？

5.36 请计算由业界事例5-4所示"5/30"互换合约中宝洁公司在以下情形下要付的利率：（a）商业票据（CP）利率为6.5%，国债利率为水平6%；（b）CP利率为7.5%，国债利率为水平7%。这里的国债利率一年复利2次。

5.37 一个交易员在股票价格为20美元时，以保证金形式买入200股股票，初始准备金要求为60%，维持资本金要求为30%，交易员最初需要支付的准备金数量为多少？股票在什么价位时会产生准备金催付？

CHAPTER 6

第6章

交易员如何管理风险暴露

金融机构的交易平台被称为前台（front office）；管理银行所面临的整体风险、资本充足率以及监管法规的部门被称为中台；管理银行账目的部门被称为后台（back office）。如同我们在第1.6节中的解释，交易平台的风险在两个层次被得以管理。首先是前台交易人员通过对冲手段来控制单一风险额度以达到风险管理目的；其次是中台管理人员将所有交易员的单一风险暴露进行汇总来测算银行面临的整体风险，并检测整体风险是否可以被接受。本章我们将集中精力讨论前台对冲风险的行为，在以后的章节我们将讨论中台如何汇总及测算整体风险。

本章我们将讨论“希腊值”（Greek letters），有时这些字母被简称为希腊数（Greeks）。每一个希腊值都用于检测交易中的特定风险。在每个交易日结束时，交易员都要计算不同的希腊值，如果某交易风险额度被超出，交易员应立即采取措施来减小风险暴露，如果不采取适当措施，交易员可能会面临解雇。

6.1 Delta

假如你是美国某家银行的交易员，负责银行所有与黄金有关的交易。当前黄金价格为每盎司800美元。表6-1显示了你所持有的交易组合（也被称为账目或账户（book）），你应该如何管理你所面临的风险？

表6-1 某一黄金交易组合

头　寸	价格（美元）
黄金即期价	180 000
远期合约	-60 000
期货	2000
互换	80 000
期权	-110 000
奇异产品	25 000
总计	117 000

你所持有的交易组合的当前价值为117 000美元，一种检测你所面临的风险的办法是假定黄金的价格由现在每盎司800美元变为每盎司800.10美元。然后，再重新对交易组合进行估价。假定当黄金价格变化后，交易组合的价格变为116 900美元。黄金价格增加0.1美元会触发交易组合损失100美元。因而交易组合对黄金价格的敏感性为

$$\frac{-100}{0.1}=-1\,000$$

以上所讨论的数量就是交易组合的 Delta。对应于每一美元黄金价格的上涨，交易组合损失 1 000 美元。类似地，我们可以计算出对应于每一美元黄金价格的下跌，交易组合会有 1 000 美元的收益。

通常来讲，交易组合价值对应于市场变量的 Delta 由以下表达式来定义

$$\frac{\Delta P}{\Delta S}$$

式中，ΔS 是指市场变量的微小变化；ΔP 对应于随之而来的交易组合的价值变化。采用微积分的术语，Delta（希腊字母中为 Δ）是指交易组合价值对某一市场变量求偏导数，也就是说

$$\text{Delta}=\frac{\partial P}{\partial S}$$

在该例中，交易员可以买入 1 000 盎司黄金来消除 Delta 风险。这里因为持有 1 000 盎司的黄金，其 Delta 也是 1 000。当每盎司黄金价格增加 1 美元时，持有 1 000 盎司的黄金会产生 1 000 美元的收益。买入的黄金与最初交易组合迭加所产生的新的交易组合的 Delta 为 0，这样的交易组合被称为 Delta 中性。

6.1.1 线性产品

线性产品的价值变化与基础资产的价值变化有某种线性关系（见图 6-1）。远期、期货以及互换都是线性产品，而期权不是线性产品。

线性产品的风险很容易被对冲。例如，一家美国银行与某一企业做了一个远期交易，在远期合约中这家银行同意在一年后以 130 万美元的价格卖给企业 100 万欧元。假定欧元和美元一年期的利率（每年复利一次）分别为 4% 和 3%，这意味着，一年后 100 万欧元的现值为 1 000 000/1.04 = 961 538（欧元），一年后 130 万美元的现值为 1 300 000/1.03 = 1 262 136（美元）。假定在当前 1 欧元等于 S 美元，合约价值（以美元计量）为[⊖]

$$1\,262\,136-961\,538\times S$$

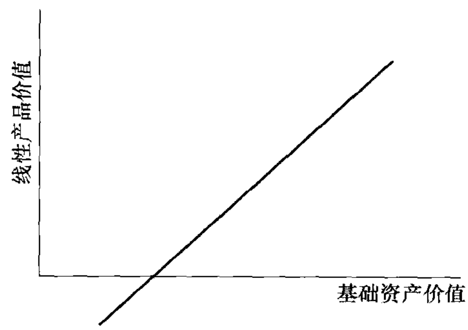


图 6-1 某种线性产品

这说明合约的 Delta 为 −961 538，这家美国银行可以通过买入 961 538 欧元来对冲风险。

为了说明对冲的运作，注意银行可以购买 961 538 欧元，并以 4% 的利率进行投资，在一年后，投资会涨为 100 万欧元，这恰恰是在远期合约中银行需要支付的资金数量。

假设银行进入相反的交易，也就是说银行在一年后必须买入 100 万欧元，远期合约价值为

$$961\,538\times S-1\,262\,136$$

合约的 Delta 为 +961 538，银行可以卖空 961 538 欧元来对冲风险，即银行首先以 4% 利率借入欧元，并随即将欧元转换为美元，在一年时收到的欧元可以用于欧元贷款的支付。

通过卖空交易以对冲远期合约并不一定总是很容易实现，黄金就是一个有意思的实例。金融机构时常发现自己需要进入大数目的远期合约，而在合约中需要买入黄金，这意味着金融机构必须借入大量黄金以达到对冲效果。如业界事例 6-1 所示，中央银行往往是银行借入黄金的来源，中央银行借出黄金会收一定的手续费，这一手续费利率被称为黄金租用利率（gold lease rate）。

⊖ 关于远期合约的定价，见附录 C。

业界事例 6-1

金矿企业的对冲决策

金矿企业担心黄金价格会变化而采用对冲决策，这看来非常自然。通常金矿企业要花几年时间来获取一个矿井中的所有黄金。当准备开发某一金矿时，企业自然也就会对黄金价格有很大的风险暴露，考虑所有不定因素后一个外表看来会盈利的金矿事实上会亏损。

金矿企业会很谨慎地向其股东解释所采用的对冲决策。有些金矿企业并不采用对冲来回避风险，这些企业是想吸引那些想在黄金价格上涨中盈利，同时接受在黄金价格下跌时遭受损失的投资人；而有些金矿企业采用对冲来回避风险，这些企业对今后几年的黄金日产量有一个大概的估计，然后根据估计来卖空期货或远期合约以锁定卖出黄金的价格。

假设你代表高盛公司，同某金矿企业进入一个远期合约，合约约定你要以一约定价格买入大量黄金，你如何来对冲你自己的风险呢？这一问题的答案是，你在中央银行借入黄金然后将黄金在即期市场上变卖（许多国家的中央银行都储有大量的黄金）。在远期合约期满时，你从金矿企业那里买入黄金以偿还从中央银行借入的黄金。

6.1.2 非线性产品

期权和大多数结构性产品都属于非线性产品，这些产品的价格（变化）同基础资产的价格（变化）有某种非线性关系，而这种非线性关系使得这些产品难以被对冲。

例如，一个交易员卖出 100 000 单位的欧式期权。基础资产为某种无股息的股票。市场及期权变量如下：

- 股票当前市价为 49 美元。
- 期权行使价格为 50 美元。
- 无风险利率为 5%。
- 股价波动率为 20%。
- 期权期限为 20 周。

我们假定交易员因卖出期权而得到收入 300 000 美元，并且假定此交易员除了这一期权交易之外，不持有和这一股票有关的其他交易。

图 6-2 显示了期权价格与基础资产股票价格的函数关系，图 6-3 显示期权的 Delta 与股票价格的变化关系。[⊖]在交易开始时，1 单位数量的看涨期权的价格为 2.4 美元，而所对应的 Delta 为 0.522。

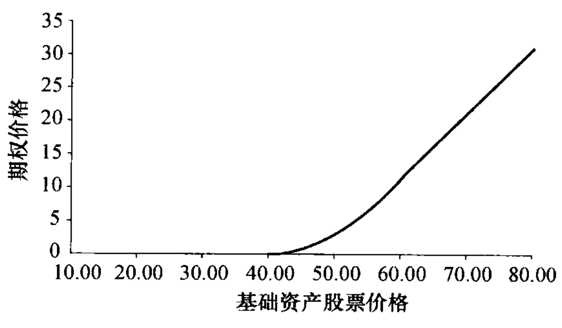


图 6-2 期权价格与基础资产股票价格的关系

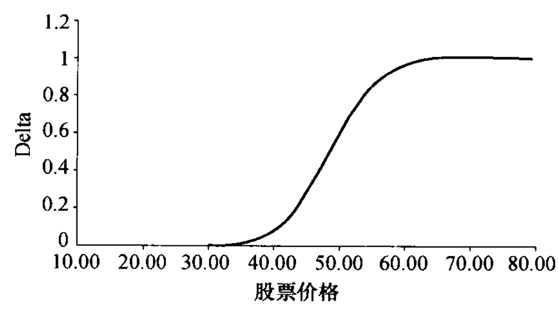


图 6-3 期权的 Delta 与股票价格的变化关系

⊖ 图 6-2 及图 6-3 是由软件 DerivaGem 生成，这一软件可在作者的网页下载，计算中采用了 Black-Scholes 模型。

因为卖出100 000单位的期权，交易员所持交易组合的价值为 -240 000美元。交易组合所对应的Delta为 -52 200。交易员会因为期权的卖出价格超出了期权的理论价格60 000美元而兴奋，但交易过后随之而来的问题是如何进行对冲风险来锁定盈利。

卖出期权后，随即买入52 200股股票可以使交易组合达到Delta中性。当股票价格有微弱下降（上升）时，期权价格的收益（亏损）会被股票的损失（收益）得以中和。例如，当股票价格由49美元涨到49.10美元时，期权价格会增加52 200×0.1 =5 220(美元)。因此，期权的短头寸会带来5 220美元的损失。这正好是股票所带来的收益。对于线性产品，对冲交易在建立起来以后就无须调整；而对于非线性产品，为了保证Delta中性，对冲交易要定期进行调整，这一调整过程被称为再平衡（rebalancing）过程。

表6-2及表6-3显示了两种不同情况下的再平衡模拟过程。假设对冲交易是每个星期进行一次。像我们前面指出的那样，最初的单位期权的Delta为0.522，因而整个交易组合的Delta为 -52 200，这意味着在出售看涨期权的同时，交易员必须借入2 557 800美元并按49美元的价格购买52 200股股票。借入资金的利率为5%，第1周的利息费用大约为2 500美元。

表6-2　Delta对冲模拟一

周数	股票价格	Delta	购买股票数量	购买股票费用（千美元）	累计现金流（千美元）	利息费用（千美元）
0	49.00	0.522	52 200	2 577.8	2 557.8	2.5
1	48.12	0.458	(6 400)	(308.0)	2 252.3	2.2
2	47.37	0.400	(5 800)	(274.7)	1 979.8	1.9
3	50.25	0.596	19 600	984.9	2 966.6	2.9
4	51.75	0.693	9 700	502.0	3 471.5	3.3
5	53.12	0.774	8 100	430.3	3 905.1	3.8
6	53.00	0.771	(300)	(15.9)	3 893.0	3.7
7	51.87	0.706	(6 500)	(337.2)	3 559.5	3.4
8	51.38	0.674	(3200)	(164.4)	3 398.5	3.3
9	53.00	0.787	11 300	598.9	4 000.7	3.8
10	49.88	0.550	(23 700)	(1 182.2)	2 822.3	2.7
11	48.50	0.413	(13 700)	(664.4)	2 160.6	2.1
12	49.88	0.542	12 900	643.5	2 806.2	2.7
13	50.37	0.591	4 900	246.8	3 055.7	2.9
14	52.13	0.768	17 700	922.7	3 981.3	3.8
15	51.88	0.759	(900)	(46.7)	3 938.4	3.8
16	52.87	0.865	10 600	560.4	4 502.6	4.3
17	54.87	0.978	11 300	620.0	5 126.9	4.9
18	54.62	0.990	1 200	65.5	5 197.3	5.0
19	55.87	1.000	1 000	55.9	5 258.2	5.1
20	57.25	1.000	0	0.0	5 263.3	

表6-2显示出，股票价格在1周以后降到了48.12美元，期权的Delta也随之降到了0.458，要保持Delta中性，此时应该持有45 800股股票来对冲持有期权所带来的风险，这意味着必须卖出6 400(=52 200 -45 800）股股票，卖出股票带来现金收入308 000美元，第1周的累计借款余额减至为2 252 300美元$\left[=25\ 578\ 000\times\left(1+\frac{7}{365}\times 5\%\right)-48.12\times 6400\right]$。在第2周，股价继续走低至47.37美元，期权的Delta也随之降低，保证Delta中性需要再卖出5 800股股票。在第3周，股票价格上升到50美元以上，随之Delta增加，这造成在第3周结束时，需要买入19 600股股票。在期权接近到期时，很明显期权将被行使，期权的Delta接近1.0。因此，在第20周结束时，对

冲者会拥有 100 000 股股票，期权持有人会在此时行使期权，对冲者以执行价格卖出股票而收到 5 000 000 美元，卖出期权并对冲风险的总支出费用为 263 300 美元。

表 6-3 显示出另一组模拟的股票价格，期权在期满时成为虚值期权，在第 20 周结束时，对冲人不持有任何股票，对冲总支出费用为 256 600 美元。

表 6-3 Delta 对冲模拟二

周数	股票价格	Delta	购买股票数量	购买股票费用（千美元）	累计现金流（千美元）	利息费用（千美元）
0	49.00	0.522	52 200	2 557.8	2 557.8	2.5
1	49.75	0.568	4 600	228.9	2 789.2	2.7
2	52.00	0.705	13 700	712.4	3 504.3	3.4
3	50.00	0.579	(12 600)	(630.0)	2 877.7	2.8
4	48.38	0.459	(12 000)	(580.6)	2 299.9	2.2
5	48.25	0.443	(1 600)	(77.2)	2 224.9	2.1
6	48.75	0.475	3 200	156.0	2 383.0	2.3
7	49.63	0.540	6 500	322.6	2 707.9	2.6
8	48.25	0.420	(12 000)	(579.0)	2 131.5	2.1
9	48.25	0.410	(1 000)	(48.2)	2 085.4	2.0
10	51.12	0.658	24 800	1 267.8	3 355.2	3.2
11	51.50	0.692	3 400	175.1	3 533.5	3.4
12	49.88	0.542	(15 000)	(748.2)	2 788.7	2.7
13	49.88	0.538	(400)	(20.0)	2 771.4	2.7
14	48.75	0.400	(13 800)	(672.7)	2 101.4	2.0
15	47.50	0.236	(16 400)	(779.0)	1 324.4	1.3
16	48.00	0.261	2 500	120.0	1 445.7	1.4
17	46.25	0.062	(19 900)	(920.4)	526.7	0.5
18	48.13	0.183	12 100	582.4	1 109.6	1.1
19	46.63	0.007	(17 600)	(820.7)	290.0	0.3
20	48.12	0.000	(700)	(33.7)	256.6	

表 6-2 及表 6-3 显示出，对冲成本的贴现接近于 Black-Scholes 的理论价格 240 000 美元，但这些近似值与 Black-Scholes 的价格并不完全一致。在完美的对冲机制下，对应于每一个模拟情形的股票价格变化过程，对冲的成本的贴现与理论价格应完全相等。Delta 对冲成本与理论费用的差别是因为对冲交易频率仅为一周一次，当对冲再平衡的频率增大，对冲成本与理论值的差距会缩小。当然，这里的分析结果是建立在 Black-Scholes 公式成立以及无交易费用等完美假设之下。

对冲的目的是保证金融机构的交易组合价值的恒定，在最初卖出时的期权价值为 240 000 美元，如表 6-2 所示，第 9 周时的期权价值为 414 500 美元，因而由于卖出期权金融机构损失 174 500 美元（=414 500 - 240 000）。资金累计费用在第 9 周时比交易开始时要多 1 442 900 美元，所持有的股票的价格由最初 2 557 800 美元变为 4 171 100 美元，增加 1 613 300 美元。将所有因素汇总在一起，金融机构交易组合的价值变化仅仅为 4 100 美元。

6.1.3 费用由何而来

表 6-2 及表 6-3 所示的对冲机制以合成的形式构造出一买入（长头寸方）期权交易，而这一“合成”期权会用于对冲交易员的卖空交易。正如表中所示，对冲机制会造成在价格下跌后股票被卖出，而在价格上升后股票被买入，这正是所谓的“买高卖低”。240 000 美元的费用来自于购买股票的实际价格与卖出股票的价格之间的平均差价。

6.1.4 交易费用

对应于单一期权及资产，如果我们按以上所描述的方式进行对冲会引发昂贵的交易费用。但对一个大的交易组合，或和某种基础资产有关的交易组合进行对冲，就会切实可行。此时只需要进行一笔交易就可以将某基础资产的 Delta 中性化，交易费用也会被其他交易盈利所吸收。

6.2 Gamma

一个期权交易组合的 Gamma（希腊字母中为 Γ）是指交易组合的 Delta 的变化与基础资产价格变化的比率，Gamma 被定义为交易组合价格对于基础资产价格的两级偏导数：

$$\text{Gamma} = \frac{\partial^2 P}{\partial S^2}$$

当 Gamma 的绝对值很小时，Delta 变化缓慢，这时为保证 Delta 中性所做的交易调整并不需要太频繁；但是当 Gamma 的绝对值很大时，交易组合的 Delta 对于基础资产的价格就变得很敏感，此时在任意一段时间内，对一个 Delta 中性的交易组合不做调整会非常危险。图 6-4 说明了这一点，当股票价格由 S 变成 S' 时，在 Delta 中性前提下，期权价格由 C 变成 C'，而事实上期权由 C 变成了 C''。C' 与 C'' 的不同就造成了对冲误差，这一误差的大小取决于期权价格与基础资产价格曲线的曲率。Gamma 值正是用来度量这一曲率[⊖]。

对应于期权的长头寸（买入期权），Gamma 为正。图 6-5 表明 Gamma 与基础资产价格的一般关系特性。期权的 Gamma 在标的股票接近于执行价格 K 时会达到最大值。

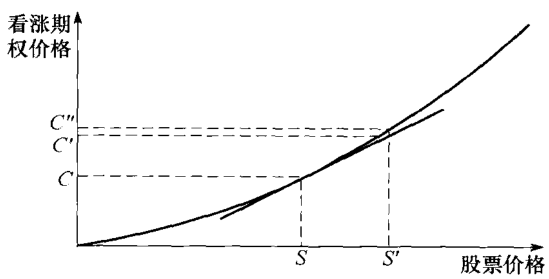


图 6-4 非线性形态所引入的对冲误差

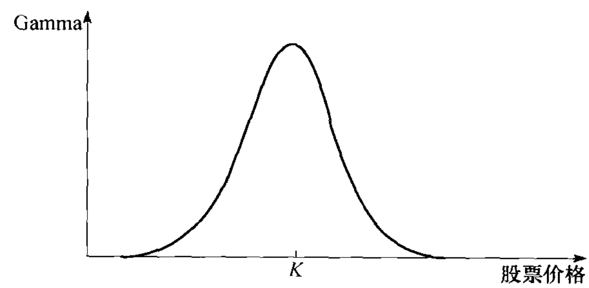


图 6-5 期权的 Gamma 与股票价格关系

构造交易组合的 Gamma 中性

线性产品的 Gamma 为 0，因此线性产品不能用于改变交易组合的 Gamma，改变交易组合的 Gamma 必须采用价格与基础资产价格呈非线性关系的产品，如期权。

假如一个 Delta 中性的交易组合的 Gamma 为 Γ，而某一交易所交易期权的 Gamma 为 Γ_T。如果决定将 w_T 数量的期权加入到交易组合中，由此产生新的交易组合的 Gamma 为

$$w_T\Gamma_T + \Gamma$$

要使得交易组合 Gamma 中性，期权的交易头寸为 $w_T = -\Gamma/\Gamma_T$，引入交易期权会改变交易组合的 Delta，此时必须调整基础资产数量以保证新的交易组合 Delta 中性，但交易组合只是在较短的时间内做到 Gamma 中性，随着时间的变化，只有不断调整期权数量使得期权的头寸满足 $w_T = -\Gamma/\Gamma_T$ 以保证交

⊖ 事实上期权的 Gamma 有时被从业人员称为曲率。

易组合的 Gamma 中性。

对一个 Delta 中性的交易组合进行 Gamma 中性化，可以看做对 Delta 中性交易中的基础资产值不能连续变化这一缺陷的校正。Delta 中性保证了两次对冲再平衡过程中，交易组合价值不受股票价格微小变化的影响；而 Gamma 中性保证在对冲再平衡过程中，交易组合价值不受股票价格较大变化的影响。假定一交易组合为 Delta 中性，其 Gamma 量为 -3 000，而对应于交易所交易期权的 Delta 及 Gamma 分别为 0.62 及 1.50。在交易组合中加入 3 000/1.5 = 2 000 份期权会使得此交易组合变得 Gamma 中性。但因此交易组合的 Delta 也会从 0 变为 2 000 × 0.62 = 1 240，为保证新的交易组合 Delta 中性我们必须卖出 1 240 股基础资产股票。

6.3 Vega

衍生产品交易的另一不定因素为基础资产价格的波动率。市场变量的波动率用于检测此变量将来价值的不定性（这一概念会在第 9 章详细讨论）。在期权定价模型中，波动率经常被假设成常数；而在实践中，波动率与时间有关。现货产品、远期、期货及互换产品的价格与基础资产市场价格的变化率无关，但期权及大多数特种产品的价格与基础资产的波动率有关，这些期权及特种产品的价格与基础资产的价格、资产价格的波动率及时间变量有关。

一个交易组合的 Vega($\mathcal{V}$)[⊖]是指交易组合价值变化与基础资产价格波动率变化的比率，其定义为

$$\mathcal{V} = \frac{\partial P}{\partial \sigma}$$

如果一个交易组合的 Vega 绝对值很大，此交易组合的价值会对波动率的变化非常敏感；当一个交易组合的 Vega 绝对值较小时，资产价格波动率的变化对交易组合价值的影响也会很小。

在某个交易组合中加入某个交易所交易期权会改变交易组合的 Vega，假定某交易组合的 Vega 为$\mathcal{V}$，可交易期权的 Vega 为$\mathcal{V}_T$，在交易组合中放入头寸为 $-\mathcal{V}/\mathcal{V}_T$ 的交易所交易期权可使最初的交易组合 Vega 中性。但不幸的是，一个 Gamma 中性的交易组合一般不会是 Vega 中性，投资人想使交易组合同时达到 Gamma 中性及 Vega 中性，就必须引入与标的产品有关的两种不同的衍生产品。

例 6-1

假如某一交易组合为 Delta 中性，Gamma 为 -5 000，Vega 为 -8 000。假定某个交易所交易期权的 Gamma 为 0.5，Vega 为 2.0，Delta 为 0.6。购买 4 000 个交易所交易期权会使交易组合成为 Vega 中性，这样做同时会使 Delta 增至 2 400，因此为了保证 Delta 中性必须卖出 2 400 个单位的基础资产，交易组合的 Gamma 也会从 -5 000 变成 -3 000。

	Delta	Gamma	Vega
组合	0	-5 000	-8 000
期权 1	0.6	0.5	2.0
期权 2	0.5	0.8	1.2

为了保证交易组合 Gamma 及 Vega 呈中性，我们引入第二个交易所交易期权。此期权的 Gamma 为 0.8，Vega 为 1.2，Delta 为 0.5。我们用 w_1 及 w_2 来代表两个交易期权的头寸，我们要求

$$-5\,000 + 0.5w_1 + 0.8w_2 = 0$$

以及

$$-8\,000 + 2.0w_1 + 1.2w_2 = 0$$

以上两式的解为 $w_1 = 400$，$w_2 = 6\,000$。因此分别加入 400 份及 6 000 份交易所交易期权可使得交易组合的 Gamma 及 Vega 都成为中性。加入这两种期权后，交易组合的 Delta 变为 400 × 0.6 + 6 000 × 0.5 = 3 240，因此必须卖出 3 240 份基础资产以保持交易组合的 Delta 中性。

⊖ Vega 虽然是期权定价中“希腊值”的一个名称，但是并不对应于任何一个希腊字母。

期权长头寸方的 Vega 为正，图 6-6 是 Vega 随基础资产变化的关系曲线图 Vega 图形同 Gamma 图形较为相似。Gamma 中性保证在两次对冲平衡交易之间，交易组合价格并不因为基础资产价格的较大幅度变化而产生变动；Vega 中性保证在两次对冲平衡交易之间，交易组合价格并不因为基础资产价格波动率的（微小）变化而产生变动。期限较短的期权的波动率比期限较长的期权的波动率更具有多变性，因此计算交易组合的 Vega 时，对期限较短的期权的波动率的扰动量要比对期限较长的期权的波动率的扰动量要大，这一点将在 9.9 节中讨论。

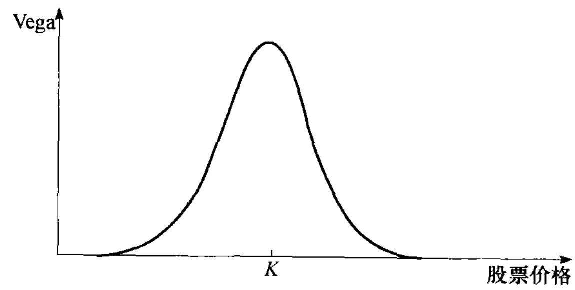


图 6-6　期权的 Vega 与股票价格关系

6.4　Theta

一个投资组合的 Theta（希腊字母中为 Θ）是指在其他条件不变的情况下，交易组合的价值变化与时间变化的比率，Theta 常常被称为投资组合的时间损耗（time decay）。

期权长头寸方的 Theta 通常为负[1]，这是因为在其他条件不变的情况下，随着期权期限的接近，期权价值会有所降低。图 6-7 显示某一看涨期权的 Theta 与基础资产关系的曲线图，当股票价格很低时，Theta 接近于 0。对应于一个平值看涨期权，Theta 可正可负。图 6-8 显示三种不同情况（实值期权、平值期权、虚值期权）的 Theta 随时间变化的曲线。

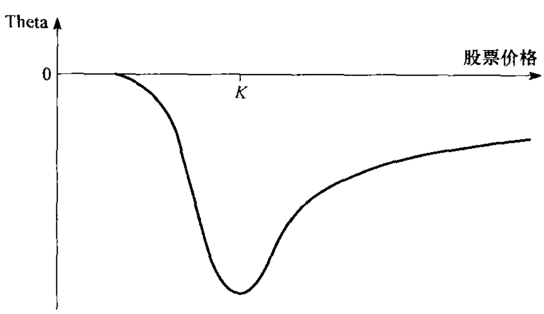


图 6-7　看涨期权的 Theta 与基础资产的关系

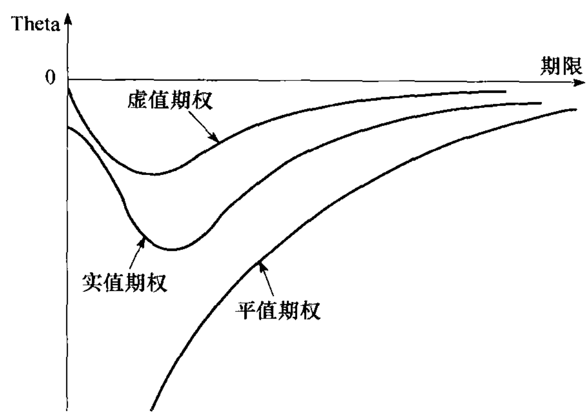


图 6-8　三种不同情况的 Theta 随时间变化的曲线

Theta 与 Delta 等希腊值有所不同。这是因为将来的股票价格有很大的不定性，但时间走向没有不定性，通过对冲来消除交易组合对于基础资产的风险十分有意义，但通过对冲来消除交易组合对于时间的不定性就毫无意义。即使如此，许多交易员仍把 Theta 量作为对交易组合的描述。一个 Delta 中性的交易如果其 Theta 很大并且为正，那么此交易组合的 Gamma 常常会很大并且为负，反之亦然。

6.5　Rho

我们最后要考虑的希腊值为 Rho（希腊字母中为 ρ）。Rho 是指交易组合的价值变化与利率变

[1] 这一特性的反例包括：无股息实值看跌期权，外币汇率较高时的实值看涨汇率期权。

化的比率。对于外汇期权，由于存在两种利率，一个针对本国利率，而另一个针对外币利率，这就得到两个 Rho 量。当交易组合包含债券及其他利率衍生产品时，交易员通常会谨慎考虑整个利率期限结构的变化方式。我们将在第 7 章讨论这一问题。

6.6 希腊值的计算

我们在附录 E 及附录 F 中，给出了有关希腊值计算的解释。在本书作者的网页中，读者可以下载一个名为 DerivaGem 的软件。这一软件可以用于计算简单及奇异期权的希腊值。这里让我们再一次以 6.1 节中考虑的欧式看涨期权为例。这时股票价格为 49 美元，期权执行价格为 50 美元，利率为 5%，股票价格波动率为 20%，期权期限为 20 周（以年计为 20/52）。表 6-4 显示的 Delta，Gamma，Vega，Theta 和 Rho 分别对应一个期权的长头寸和 100 000 个期权的短头寸，这些头寸曾在表 6-2 和表 6-3 中有所讨论。

表 6-4 利用软件 DerivaGem 所得出的希腊值 $S=49$、$K=50$、$r=5\%$、$\sigma=20\%$、$T=20$ 周

	单一期权	卖出 100 000 份期权		单一期权	卖出 100 000 份期权
价值（美元）	2.40	-240 000	Vega(%)	0.121	-12 100
Delta(美元)	0.522	-52 000	Theta(每天)	-0.012	1 200
Gamma(美元)	0.006	-6 600	Rho(%)	0.089	-8 900

这些数字意味着：

- 当股票价格上涨 0.1 美元，同时其他因素不变，期权价格会上涨 $0.522\times0.1=0.0522$（美元），100 000 个短头寸的价值下降 5 220 美元。
- 当股票价格上涨 0.1 美元，同时其他因素不变，期权的 Delta 将增加 $0.066\times0.1=0.0066$（美元），100 000 个短头寸的 Delta 下降 660 美元。
- 当股票价格变化率上涨 0.5%，同时其他因素不变，期权价格会上涨 $0.121\times0.5=0.0605$（美元），100 000 个短头寸的价值下降 6 050 美元。
- 一天时间过去以后，假定同时其他因素不变，期权价格会下降 0.012 美元，100 000 个短头寸的价值上涨 1 200 美元。
- 当利率上涨了 1%（100 个基点），同时其他因素不变，期权价格上涨 0.089 美元，100 000 个短头寸的价值下降 8 900 美元。

6.7 泰勒级数展开

在附录 G 中，我们解释了泰勒级数（Taylor series）展开过程，泰勒级数展开展示了某一段时间内各个希腊值在交易组合变化中所起的不同作用。假设某交易组合的价值只与某单一基础资产（变量）有关，假设利率及基础资产的价格波动率为常数。作为基础资产（变量）价格以及时间的函数，交易组合价格 P 的泰勒展开式为

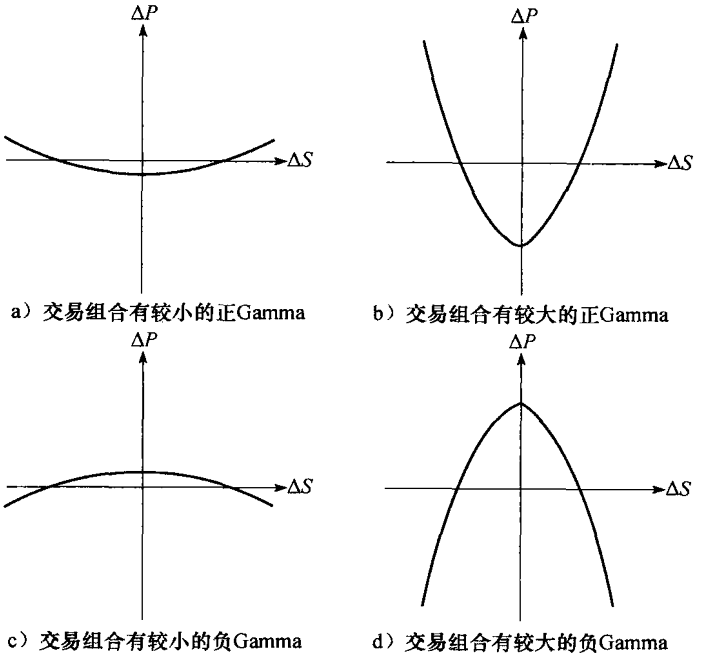
$$\Delta P=\frac{\partial P}{\partial S}\Delta S+\frac{\partial P}{\partial t}\Delta t+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial S^2}\Delta S^2+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial t^2}\Delta t^2+\frac{\partial^2 P}{\partial S\partial t}\Delta S\Delta t+\cdots \tag{6-1}$$

式中，ΔP 及 ΔS 分别对应于在某一短时间 Δt 内 P 以及 S 的变化。Delta 对冲可将式（6-1）等号右侧第 1 项消除，第 2 项对应于时间损耗，是一个非随机项，第 3 项可以在保证 Gamma 中性时被消除，随机微分方程理论显示出 ΔS 的误差级别与 $\sqrt{\Delta t}$ 相同，这意味着右侧第 3 项的误差级别为 Δt，右侧其他项的误差级别高于 Δt。

对于一个 Delta 中性的交易组合，式（6-1）右侧第 1 项为 0，因此

$$\Delta P = \Theta \Delta t + \frac{1}{2}\Gamma \Delta S^2 \tag{6-2}$$

在式（6-2）中，我们忽略了误差级别高于 Δt 的项。图 6-9 显示交易组合价值变化同基础资产价格变化曲线。当 Gamma 为正，且当基础资产价格变化幅度较大时，交易组合会有正收益；而当基础资产价格变化幅度较小或不变时，交易组合收益为负；当 Gamma 为负时，以上结论相反，即基础资产价格的较大变动会给交易组合带来可观的损失。



a）交易组合有较小的正Gamma　b）交易组合有较大的正Gamma

c）交易组合有较小的负Gamma　d）交易组合有较大的负Gamma

图 6-9　Delta 中性的交易组合的 ΔP 与 ΔS 之间的几种关系

当基础资产价格波动率也为非常数时，作为 σ、S 以及 t 的函数，交易组合价格的泰勒方程展开式为

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial S}\Delta S + \frac{\partial P}{\partial \sigma}\Delta \sigma + \frac{\partial P}{\partial t}\Delta t + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial S^2}\Delta S^2 + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 P}{\partial \sigma^2}\Delta \sigma^2 + \cdots$$

式中，$\Delta\sigma$ 为波动率在 Δt 内的变化量。此时，Delta 中性可以消除等号右侧第 1 项，Vega 中性可消除第 2 项，第 3 项为非随机项，第 4 项可被 Gamma 中性消除。

交易员经常也会对泰勒展开式的高次项有所定义，如 $\partial^2 P/\partial\sigma^2$ 有时称为 Vega 的 Gamma 项。

例 6-2

假定一个 Delta 中性交易组合的 Gamma 为 −10 000，并且在某个短的时间段，资产价格变化为 +2（Δt 可以假设为 0），式（6-2）展示，交易组合非预期减值大约为 $0.5 \times 10\,000 \times 2^2 = 20\,000$（美元），注意如果价格变化为 −2，非预期减值数量相等。

6.8　对冲的现实状况

在一个完美的世界，金融机构的交易员可以随时调整对冲交易以确保交易组合 Delta、Gamma

及 Vega 均为 0。在现实生活中，这样做是不可能的，在管理与某基础资产有关的交易组合时，交易员通常是通过每天对基础资产进行交易以确保交易组合的 Delta 为 0 或接近于 0，而保证 Gamma 及 Vega 为 0 就十分困难，这是因为在市场上很难找到价格合理并且适量的期权以达到对冲目的（见业界事例 6-2 中有关动态对冲的讨论）。

作为期权交易员具有经济规模效应，以前我们曾指出，保持每一期权的 Delta 中性成本会很高，在对一个拥有上百个期权的交易组合维持 Delta 中性是可行的，这是因为每天的再平衡费用可以被大量交易带来的利润所支持。

业界事例 6-2

实践中的动态对冲

金融机构一般指定某一交易员或某一个交易组来负责管理价值与某一特定资产有关的交易组合。例如，高盛公司的某一交易员被指定负责与澳元有关的所有衍生产品交易组合。交易组合的市价及相关的希腊值风险均通过某一计算机系统来产生。对应于每一个风险会设定不同的风险额度，如果交易员的交易量在交易日结束时超过额度则必须得到特殊批准。

Delta 额度表达形式通常对应于基础资产最大交易量。例如，假设高盛公司的 Delta 额度为 1000 万美元。假如微软股价为 50 美元，这意味着对应的 Delta 数量不能超过200 000。Vega 的交易额度通常表示为当价格波动率变化 1% 时所对应的价格变化的最大限量。

事实上，交易员在每个交易日结束时会保证交易组合 Delta 中性或接近中性。Gamma 及 Vega 会得到监测，但这些风险量并不是每天都得到调整。金融机构常常发现自己因业务需要要向客户卖出期权，天长日久便会积累一个负的 Gamma 及 Vega。因此金融机构往往会寻求适当机会以合适的价格买入期权来中和自己面临的 Gamma 及 Vega 的风险。

用期权来管理 Gamma 及 Vega 等风险时要特别注意，当期权刚刚被卖出时，期权一般为平值（或接近平值），而此时期权的 Gamma 及 Vega 会接近最大值。但随着时间的流逝，当基础资产价格变化足够大后，期权会变成实值或虚值期权，此时期权的 Gamma 及 Vega 会很小，这些风险量对交易组合的影响很小。当某一期权接近到期而且基础资产价格与行使价格较为接近时，对冲会给交易员带来许多麻烦。

6.9 奇异型产品对冲

我们通常可以采用以上关于简单产品的对冲方式来对冲奇异型产品，正如业界事例 6-3 所示，有些奇异型产品较为容易对冲而有些奇异型产品却难以对冲。利用 Delta 对冲方式来对冲某些奇异型产品可能不太合理，此时另外一种被称为静态期权复制（static options hedging）的方式也许更为实用。图 6-10 显示静态期权复制，我们用 S 代表基础资产价格，t 代表时间，资产当前（$t=0$）的价格记为 S_0。在静态期权复制对冲决策中，我们要在 $\{S, t\}$ 空间选择基础资产以及时间会达到的某一障碍界值，同时选择简单期权复制组合 Π，并使得简单期权复制组合在障碍界值某些选定点上与奇异型产品有相同的价值，奇异型产品被简单期权复制组合 Π 对冲，当达到障碍界值时，相应的复制组合的某些交易得以平仓。

业界事例6-3

对于奇异型产品实施Delta对冲是更加困难还是更加容易

我们可以通过构造Delta中性交易，并不断对交易组合进行调整保证对冲的中性这一方法来对冲奇异型产品。这样做的同时，我们会发现对有些奇异型产品的对冲比简单产品对冲要容易，而对某些奇异型产品的对冲比简单产品对冲要难。

例如，亚式看涨期权（见5.7节亚式期权）的对冲相对来讲就较为容易，随着时间的改变，我们会观察到越来越多的资产价格，而这些价格被用来计算最后的平均值。这意味着随着时间的流逝，最终期权回报的不定性会逐渐减小。因此，期权也就会变得越来越容易对冲。在期权接近到期的最后几天，因为基础资产价格对期权价格影响越来越小，期权的Delta趋近于0。

与以上形成鲜明对照的是障碍期权（见5.7节），其对冲难度就相对较大。在此我们考虑一个欧式看涨敲出期权，期权的基础变量为汇率，当前汇率比障碍汇率高0.0005。在当前汇率达到障碍汇率时，期权价值变为零；当没有达到障碍汇率时，期权的回报十分可观。障碍期权的Delta在障碍界值附近不连续，这种跳跃使得对障碍期权实施传统式对冲会很困难。

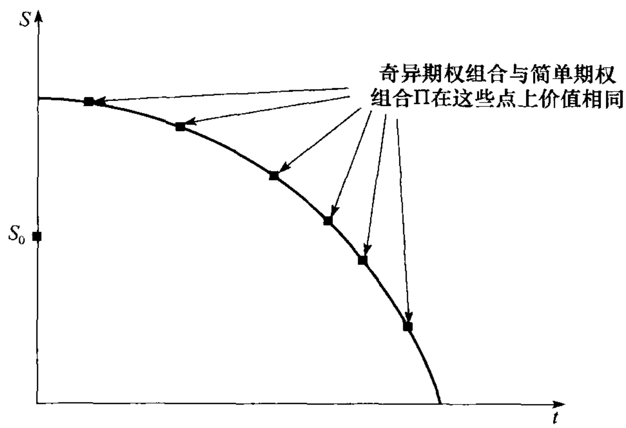


图6-10　静态期权复制

注：在静态期权复制对冲决策中，我们选择基础资产以及时间会达到某一障碍界值，并同时选择简单期权组合，并使得简单期权组合在障碍界值某些选定点上与奇异产品有相同的价值。

静态期权复制的理论根据是，如果两个交易组合在 $\{S, t\}$ 障碍界值价值相同，那么这两个交易组合也会在 $\{S, t\}$ 空间到达障碍界值前的所有点上的价值相同。在实践中，最初的交易组合及复制组合只需要在障碍界值某些点达到一致，而并不需要在障碍界值所有点都完全一致，这一做法的根据是当两个交易组合在障碍界值相当数量的点上价值相同，那么这个交易组合在障碍界值的其他点上价值往往也会很接近。

6.10　情景分析

除了监测诸如Delta、Gamma、Vega等风险量之外，期权交易员也常常做情景分析（scenario analysis）。情景分析包括计算某一指定时间内在不同的情景下交易组合的损益，分析中的时间长度的选择通常与产品的流通性有关，分析中所用的情形可由管理人员选定，也可由模型产生。

考虑某个银行持有一汇率期权组合，此交易组合的价值取决于两个主要变量：汇率及汇率波动率。假定当前汇率为1.0，汇率波动率为每年10%。银行可以用类似表6-5的表格来计算在两周内不同情形下交易组合的损益。在表中，我们考虑了7种不同的汇率及3种不同的波动率。

表6-5 不同情形下某汇率期权交易组合在两周内的损益

波动率（%）	汇率						
	0.94	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06
8	+102	+55	+25	+6	-10	-34	-80
10	+80	+40	+17	+2	-14	-38	-85
12	+60	+25	+9	-2	-18	-42	-90

表6-5显示，最大损失位于该表的右下角。这一损失对应的波动率为12%，汇率为1.06。在类似表6-5的情景分析中，最大损失通常位于表格的角落位置，但这一特性并不是永远正确。例如，在图6-9中，当Gamma为正时，最大损失对应于基础资产市场价值不变的情形。

6.11 小结

交易员通过监测某些敏感度，即希腊值来管理自己负责的与某些市场变量有关的交易组合，这些以希腊值来命名的风险量被交易员管理在一定的额度之内。

变量Delta是指交易组合价值的变化随基础资产价格变化的比率。Delta对冲就是指构造Delta为0的交易组合（被称为Delta中性），因为基础资产的Delta为1，所以对于一个长头寸期权，持有$-\Delta$头寸的基础资产可以达到风险对冲的目的。对于期权及更复杂的产品，对冲交易要得到有规律的调整，这一调整过程被称为再平衡过程。

对某一交易组合，一旦做到Delta中性，下一步往往要关心交易组合的Gamma。Gamma变量是指交易组合的Delta变化与基础资产变化的比率。这一变量检测期权价格与基础资产价格之间关系的曲线的曲率。另外用于对冲的一个重要变量为Vega，Vega变量检测交易组合价值变化与基础资产波动率变化的比率。通过交易期权可以改变交易组合的Gamma及Vega。

在实际中，为使得Delta中性，交易员通常每天调整（再平衡）一次交易组合。保证在一般情形下交易组合的Gamma及Vega的中性并不容易，通常交易员对这些变量进行测算，当这些变量过大时，交易员或者做对冲交易来减小风险量或者对交易进行平仓。

推荐阅读

Derman, E., D. Ergener, and I. Kani, "Static Options Replications," *Journal of Derivatives*, 2, 4 (Summer 1995), 78-95.

Taleb, N. N., *Dynamic Hedging: Managing Vanilla and Exotic Options*, New York: Wiley, 1996.

练习题

6.1 一交易组合对于S&P 500的Delta为-2 100。S&P 500的当前市价为1 000。请估计当S&P 500上涨到1 005时，交易组合的价格为多少？

6.2 某一衍生产品组合对于USD/GBP汇率的Vega为200（每1%变化），请估算一下当波动率由12%变为14%时，衍生产品组合的价格增加为多少？

6.3 一个 Delta 中性的交易组合的 Gamma 为 30（见上述 Gamma 定义），请估测以下两种基础资产变化对交易组合价值的影响：（a）基础资产突然涨价 2 美元；（b）基础资产突然下跌 2 美元。

6.4 一个期权的 Delta = 0.7 的含义是什么？如何将卖出的 1 000 个期权交易变为风险中性？这里我们假定买入的单位期权的 Delta 为0.7。

6.5 一个期权的 Theta 每天为 -100 的含义是什么？假如一交易员认为股票价格及期权隐含波动率在将来不会改变，对交易员来讲，什么样的期权交易（买入或卖出）较为合理？

6.6 一个期权的 Gamma 的含义是什么？一个交易的 Gamma 较大并且为负，Delta 为 0，此时该期权的风险是什么？

6.7 请解释观点：“人工合成一个期权交易也就是期权对冲交易的反过程。”

6.8 某个公司对其持有的交易组合进行 Delta 对冲，交易组合由一看涨期权的长头寸及一看跌期权的长头寸组合而成，期权的标的变量为某汇率。以下哪种情形会使得交易组合增值更大？（a）现期汇率基本不变；（b）现期汇率剧烈变化。假如在交易组合中引入一卖空交易，以上分析会有什么变化？

6.9 某银行持有 USD/EURO 汇率期权交易组合，交易组合的 Delta 为 30 000，Gamma 为 -80 000，请解释这些数字的含义。假设当前汇率（1 欧元所对应的美元数量）为 0.90，你应该进行什么样的交易以使得交易组合具备 Delta 中性？在某段时间后，汇率变为 0.93。请估计交易组合新的 Delta。此时还要追加什么样的交易才能保证交易组合的 Delta 呈中性？假如最初银行实施 Delta 中性决策，汇率变化后银行是否会有损益？

6.10 “在静态期权复制理论中，波动率被假设为常量”，请解释这句话的含义。

6.11 假定一交易员采用一组简单期权及静态期权复制来计算某一特种期权组合的价格。简单期权组合在某边界上的 10 个点同特种期权价格相同，简单期权组合需要含有多少个期权交易？请解释你的答案。

6.12 为什么一个亚式期权比一个一般期权更加容易对冲？

6.13 为什么在期权对冲过程中会有经济规模效应？

6.14 我们考虑一个标的变量为汇率的、6 个月期限的美式看跌期权，汇率为 0.75（对应于 1 单位外币的本币数量），期权执行价格为 0.74，本国利率为 5%，外国利率为 3%，汇率的波动率为每年 14%。请利用 DerivaGem 软件（100 步二叉树）来计算期权的价格以及期权的 Delta、Gamma、Vega、Theta 以及 Rho（DerivaGem 软件可在作者网页上下载）。将汇率变为 0.751，计算对应期权价格，由此来检验 Delta 的正确性。

作业题

6.15 一个 Delta 中性的交易组合的 Gamma 及 Vega 分别为 50 以及 25，请解释当基础资产价格下跌 3 美元以及波动率增加 4% 时，交易组合的价格变化为多少？

6.16 让我们考虑一个欧式看涨期权。基础资产股票价格为 30 美元，行使价格为 30 美元，无风险利率为 5%，股票价格波动率为每年 25%。请应用 DerivaGem 软件来计算期权价格以及期权的 Delta、Gamma、Vega、Theta 以及 Rho。将股价变为 30.1 美元，计算期权价格来检验 Delta 的正确性。通过计算期权在标的价格为 30.1 美元时的 Delta 来计算 Gamma，并以此来检验 Gamma 的正确性。对其他变量 Vega、Theta 以及 Rho 请做出相应计算，并验证 DerivaGem 计算结果的正确性。

6.17 一金融机构持有以下场外期权交易组合，基础资产为英镑：

期权种类	头寸数量	期权的 Delta	期权的 Gamma	期权的 Vega
看涨	-1 000	0.50	2.2	1.8
看涨	-500	0.80	0.6	0.2
看跌	-2 000	-0.40	1.3	0.7
看涨	-500	0.70	1.8	1.4

某交易所交易期权的 Delta 为 0.6，Gamma 为 1.5，Vega 为 0.8。(a) 用多少交易所期权可使场外交易同时达到 Gamma 及 Delta 中性，这时采用的交易是长头寸还是短头寸？(b) 采用什么及多少交易所交易期权可使场外交易组合同时达到 Vega 以及 Delta 中性，交易应为长头寸还是短头寸？

6.18 在 6.17 问题中引入第二种交易所交易期权，假定期权的 Delta 为 0.1，Gamma 为 0.5，Vega 为 0.6。采用多少数量的交易可使场外交易组合的 Delta、Gamma 以及 Vega 均为中性。

6.19 重新构造表 6-2（将表 6-2 中股票的数量近似为 100 的整数倍），计算对应于每一周的期权的 Gamma 与 Theta，计算每一周交易组合的价值变化（计算时间为每周末再平衡交易之前），并以此检验式（6-2）（注意：DerivaGem 软件计算的 Theta 以天为计量单位，而在附录 C 中的 Theta 公式以每年为计量单位）。

CHAPTER
第7章

利率风险

同其他市场变量相比，如股价、汇率及实物价格等，利率风险更加难以管理。利率风险之所以复杂的原因，是对应于任何一种货币，往往会有几种不同的利率（国债利率、银行同业之间的拆借利率、房屋贷款利率、储蓄利率、最佳客户利率等）。虽然这些利率一般会同时变动，但其变动幅度并不是完全相关的。另一个造成利率风险复杂的原因，是我们不能仅仅只用一个数字来描述利率，我们需要一个与期限有关的函数来描述利率。这种函数关系被称为利率期限结构（interest rate term structure），或者称为收益曲线（yield curve）。

在此我们考虑一个美国国债交易员的交易组合，这一交易组合由不同期限的债券组合而成。交易员对1年利率、2年利率及3年利率变化均有风险暴露。此交易员的利率敏感度（Delta）头寸要比表6-1所示的黄金交易员的风险头寸更为复杂。交易员需要关心美国利率曲线形状的不同变化方式。

本章首先是有关利率的基本知识以及计量利率的不同方法，随后是关于利率头寸的管理方式，其中还要介绍久期（duration）及曲率（convexity）等概念。对于曲线平行移动而言，这些变量可类比为前面一章讨论的Delta及Gamma，最后我们介绍管理曲线非平行移动的方法，这些方法包括局部久期（partial durations）、计算多项Delta以及主因子分析法等。

7.1 净利息收入管理

如2.2节所示，净利息收入是指利息收入与利息支出的差，管理净利息收入并保证其变化幅度达到最小是资产负债管理（asset and liability management）部门职责，本节我们将讨论管理净利息收入的传统方式。

为了展示利息收入的不同变化，我们假定某银行给客户提供1年及5年的存款利率，同时又

给客户提供1年及5年的住房贷款利率，这些利率由表7-1所示。为了简化分析，我们假设市场投资人认为将来的1年期利率同今天市场上的1年利率相同。简单地讲，市场认为利率增加与利率减少有相同的可能性，由此我们可以说由表7-1显示的利率是“公平”的，它们正确地反映了市场的期望。在这个公平假设下，将资金投放1年然后再滚动投资4年会同一个5年的投资带来相同的回报。类似地，以1年期借入资金然后再滚动4年借入资金会同一个5年的贷款带来一样的融资费用。

表7-1 银行给客户提供各种利率

期限（以年计）	存款利率（%）	按揭利率（%）
1	3	6
5	3	6

假定你将资金存入银行，并且你认为利率增加与利率减少有相同的可能性，此时你会将资金以3%的利率存入1年还是会以3%利率存入5年？你往往会将资金存入1年，因为将资金锁定在一个较短期限里会给你带来许多方便。

下一步假定你需要一个住房贷款，你仍然认为利率上升与下降的可能性均等，此时你会选一个1年期6%的住房贷款还是会选一个5年期6%的住房贷款？这时你往往会选择一个5年期的住房贷款，因为这样做会给你带来较少的再融资风险。

根据银行提供的表7-1所示的利率，大多数存款客户会选择1年期存款，同时大多数住房贷款客户会选择5年期贷款。这样一来，银行的资产及负债就会产生不匹配，从而对净利息收入产生风险冲击。利息降低时不会产生问题，银行的贷款收入仍为6%，而支撑贷款的存款利息低于3%。因此利息收入会增加。但当利率增加时，银行贷款收入仍为6%，存款费用高于3%，由此触发银行净利息收入降低，当头两年利率增长数量达3%时，这使得第3年的净利息收入为0。

资产负债管理的职责就是将带来收入的资产与带来利息费用的负债进行匹配。在我们的例子中，一种达到这种匹配目的的手段是提高5年的存款及住房贷款利率，即将利率变化为表7-2所示的情形，其中5年期的存款利率变为4%，5年期的按揭利率变为7%，这样，5年期存款及1年期住房贷款会变得相对更有吸引力，一些选择表7-1中的1年期存款者会将自己的资金转入到表7-2中所示的5年期存款，一些选择表7-1中的5年期住房贷款者会选择1年住房贷款。这样所带来的效果会使得资产及负债得以匹配。如果人们仍然过多地选择1年期存款及5年期住房贷款而造成资产负债的不平衡，我们可以进一步提高5年期存款及贷款利率，这样会逐渐消除资产负债的失衡。

表7-2 提高5年期利率以达到资产负债的匹配

期限（以年计）	存款利率（%）	按揭利率（%）
1	3	6
5	4	7

所有的银行均按以上所描述的方式来进行资产负债管理，其效果是长期利率比预期的将来短期利率要高，这一现象就是所谓的流动性偏好理论（liquidity preference theory），这一现象造成长期利率在通常情况下比短期利率要高，即使市场预测短期利率稍有下降时，流动性偏好理论也会使得长期利率高于短期利率，只有当预测利率急剧下降时，长期利率才会低于短期利率。

许多银行已经建立了较为完善的系统来检测客户业务决策行为，当看到资产与负债不匹配时，他们可以对利率进行细微调整，有时利率互换等衍生产品可以用于管理利率风险敞口（见5.4节中的例5-1），这样做银行会保证利息收入的稳定并达到减少风险的目的，但就像业界事例7-1所示，并不是所有银行都能做到这一点。

业界事例 7-1

美国金融机构昂贵的破产费用

从20世纪60~80年代，美国信贷（Savings and Loans，S&L）在利率管理中管理不利，造成了经营的失败，在业务中，S&L常常是借短放长，1966年、1967~1970年及1974年的利率增长使得S&L损失惨重，而1979~1982年的利率变化给S&L带来了致命的打击，S&L受到美国政府的信用保护，在20世纪80年代有超出1 700家S&L破产，这给美国纳税者带来了1 000亿~5 000亿美元的损失。

美国银行破产的最大案例是大陆伊利诺伊银行，此银行破产的原因也可归咎于利率风险管理的失败，1980~1983年，此银行超过1年期的资产（贷款）介于70亿~80亿美元之间，而其超过1年期的负债（存款）仅仅介于14亿~25亿美元之间。此银行在1984年宣告破产，美国政府为其保释付出了巨大代价。

7.2 伦敦银行同业拆借利率和互换利率

LIBOR是银行使用的一个关键利率，其全称为伦敦银行同业拆借利率（London interbank offered rate）。某一银行提供的LIBOR利率是指此银行给其他银行提供资金时所收取的利率[㊀]，也就是说这一银行同意用此利率将资金存入其他银行。银行给许多大企业以及政府机构的贷款，以及某些按揭利率中的浮动利率均是与LIBOR利率为基准，例如，一家银行给某企业的英镑贷款利率可能被注明为“3个月的LIBOR利率加上40个基点”，贷款利率等于每3个月重设一次的LIBOR利率加上40个基点。英国银行家协会（British Bankers Association，BAA）在每天上午11点，对许多主要货币提供1个月、3个月、6个月及一年的LIBOR利率的报价，其信息是基于大银行给BBA提供的LIBOR利率报价[㊁]。

一家银行必须达到一定的信用级别才能接受以LIBOR计息的存款，通常这一信用级别对应于AA级[㊂]，因此LIBOR利率也就是具有AA信用级别的银行（或其他公司）借入1个月至12个月期的资金利率。LIBOR利率曲线如何被延伸到一年期限以外呢？这里有两种方法：

- 构造期限长于一年的AA级公司借入资金的利率曲线。
- 构造一个AA公司在将来某个时刻短期借入资产的利率曲线。

了解这两种构造方式的不同之处非常重要。假定对于所有期限的利率均为4%，如果利率曲线是通过第一种办法构造而成，那意味着AA级公司今天借入资金的期限无论多长，利率均为4%；如果利率曲线是通过第二种办法构造而成，那就意味着市场已经认定AA公司在将来短期内借入资金利率为4%，见附录B远期利率的定义和计算。第一种方法构造的曲线给出了今天信用级别为AA的公司的短期限远期利率；第二种方法构造的曲线给出了在将来某时段开始时信用级别为AA的公司借入资金的利率。

在实践中，LIBOR利率曲线通过第二种方法得以构造。互换利率（见表5-5）可以用来将利率曲线的期限延伸到一年之外，见附录B[㊃]。LIBOR利率曲线有时也被称为互换利率曲线或LIBOR/互换利

㊀ 银行也提供伦敦银行同业存款利率（london interbank bid rate，LIBID），银行同意其他银行以LIBID利率将资金存入自己的银行。LIBOR利率通常会稍稍高出LIBID利率。

㊁ 在2008年信用危机期间，有证据表明银行在给BBA提供信息时，低估了LIBOR利率，这是因为银行不想告诉别人自身借入资金的费用有多高。

㊂ 一个由S&P给出的最好信用级别为AAA，次好为AA，与之相对应的穆迪（Moody's）信用级别分别是Aaa及Aa，本书第11章将讨论有关细节。

㊃ 以LIBOR作为基础变量的欧洲美元期货也可用于延伸LIBOR利率曲线。

率曲线。为了理解为什么互换利率可以在第二种方法中来延伸 LIBOR 曲线，我们应该注意到银行可以利用短期 LIBOR 贷款利率来生成互换利率。例如，银行可以进行以下交易：

- 借给一家信用级别为 AA 的公司一笔资金，期限为 6 个月，并且在以后每 6 个月将相同数量的资金借给其他信用级别也为 AA 的公司。
- 进入一个 5 年期的互换交易，收入现金流为 LIBOR，支出现金流为 5 年期互换利率。

LIBOR 和短期国债利率

无风险利率对于金融产品的定价非常重要，金融机构一般是将 LIBOR 互换利率曲线作为无风险利率，市场通常认为国债利率低于无风险利率，这是因为：

- 金融机构为满足一定的监管要求，必须买入一定的长期及短期国债，而这一需求造成国债收益率的降低。
- 同持有其他类似的低风险的投资相比，持有国债所需要的资本金要少。
- 在美国，对于国债的税务规定要比其他定息投资更为有利，投资政府国债而获益无须缴纳州税。

我们已经看到，LIBOR 互换利率曲线所对应的信用风险与给 AA 级的借款人一系列短期贷款的信用风险相同，这一曲线并不完全等同于无风险利率曲线，在短期内级别为 AA 公司的违约可能性很小，但违约可能性仍然存在。但交易员认为，LIBOR 互换曲线是无风险曲线的最好近似。有证据显示，一个真正的无风险曲线如果在没有以上讨论的影响国债收益率因素的情况下，会比 LIBOR 互换利率曲线低 10 个基点（0.1%）[⊖]。

3 个月的 LIBOR 利率与 3 个月国债利率的差被称为是 TED 溢差（TED spread），在正常的市场条件下，该溢差大约为 30 个基点，2007 年 7 月开始的信用危机中，因为银行对于其他银行的流动性和信用质量十分担心，不再情愿将资金借给其他银行，在 2007 年后半年和 2008 年，TED 溢差常常在 100～200 个基点变动，2008 年 10 月 10 日，TED 溢差最高曾达 464 个基点。

7.3 利率久期

利率久期（duration）这一概念已经被广泛地用于检测交易组合对于利率曲线的风险暴露。假设债券收益率为 y，债券价格为 B，债券久期 D 的定义为

$$\frac{\Delta B}{B} = -D\Delta y$$

或等价于

$$\Delta B = -DB\Delta y \tag{7-1}$$

式中，Δy 为债券收益率的一个小的变化，ΔB 为相应债券价格的变化，债券久期是用于检测债券价格对收益率的敏感度，利用微积分中的符号，我们有

$$D = -\frac{1}{B}\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}y} \tag{7-2}$$

假定一个债券在 t_1，t_2，…，t_n 时刻给债券持有人提供的资金流为 c_1，c_2，…，c_n（现金流包括券息和本金），债券收益率 y 是使得债券理论价格等于市场价格的贴现率，如果收益率为连续复利（见附录 A），债券价格与收益率的关系式为

⊖ 请参考 J. Hull, M. Predescu, and A. White, "The Relationship Between Credit Default Swap Spreads, Bond Yields, and Credit Rating Announcements," *Journal of Banking and Finance*, 28 (November 2004), 2789－2811。

$$B = \sum_{i=1}^{n} c_i e^{-yt_i}$$

因此，债券久期 D 满足

$$D = \sum_{i=1}^{n} t_i \left(\frac{c_i e^{-yt_i}}{B} \right) \tag{7-3}$$

式（7-3）中括号中的项为 t_i 时刻的债券支付的现金流的现值与债券价格的比率，债券价格等于将来所有支付的现金本息贴现值的总和，因此久期是付款时间 t_i 的加权平均，而对应于 t_i 时刻的权重等于 t_i 时刻的现金流贴现值与债券总贴现值的比率（这里的所有权重相加等于1），这一关系式给出了债券久期这一词汇的出处，久期是指投资者收到所有现金流所要等待的平均时间，一个 n 年期零息国债的久期为 n 年，而一个 n 年带息（coupon-bearing）国债的久期小于 n 年，这是因为国债持有人在 n 年之前就已经收到某些现金付款。

考虑某个面值为 100 美元，券息利率为 10% 的 3 年期债券。该债券连续复利的年收益率为 12%，即 $y=0.12$，每 6 个月付息一次，息值为 5 美元。表 7-3 显示有关债券久期计算的步骤，在计算中收益率代替贴现率，计算出的现值呈现为表中的第 3 列（例如第一次付息的现值为 $5e^{-0.12\times0.5}=4.709$），第 3 列的数字之和等于债券价格 94.213，由第 3 列中数字除以 94.213，我们可以得到久期的权重，第 5 列数字之和等于久期，即 2.653 年。

表 7-3 久期的计算

期限（年）	现金流	现值	权重	时间×权重
0.5	5	4.709	0.050	0.025
1.0	5	4.435	0.047	0.047
1.5	5	4.176	0.044	0.066
2.0	5	3.933	0.042	0.083
2.5	5	3.704	0.039	0.098
3.0	105	73.256	0.778	2.333
总计	130	94.213	1.000	2.653

利率的微小变化通常是用基点（basis point）来表述，一个基点对应于 0.01%。以下例子验证了久期关系式（7-1）的准确性。

例 7-1

由表 7-3 描述的债券价格为 94.213，久期为 2.653，根据公式（7-1）

$$\Delta B = -94.213 \times 2.653 \Delta y$$

即

$$\Delta B = -249.95 \Delta y$$

当收益率增加了 10 个基点（=0.1%），即 $\Delta y = +0.001$，久期公式预计 ΔB 为

$$\Delta B = -249.95 \times 0.001 = -0.250$$

久期公式预计债券价格会下降到 94.213 − 0.25 = 93.963，为了检验这个预测的准确性，我们计算当收益率增加 10 个基点到 12.1% 时的债券价格，其数量为

$$5e^{-0.121\times0.5} + 5e^{-0.121\times1.0} + 5e^{-0.121\times1.5} + 5e^{-0.121\times2.0} + 5e^{-0.121\times2.5} + 105e^{-0.121\times3.0} = 93.963$$

这一数值同我们用久期公式预计的变化相同（精确到小数点第 3 位）。

7.3.1 修正久期

由式（7-3）定义的久期是由麦考利（Macaulay）于 1938 年首先提出，这一久期被称为麦考利久期（Macaulay's duration），在收益率 y 为连续复利的前提之下，式（7-3）的定义与式（7-1）和式（7-2）等价，由式（7-1）和式（7-2）定义的久期，在其他复利的假设前提下，为了保证等价关系，我们必须对麦考利进行一个小的调整。如果 y 为一年复利一次的利率，我们需要对式（7-3）中的久期 D 除以 $1+y$；在更为广义的前提下，如果 y 为一年复利 m 次的利率，式（7-3）中的久期 D 需要除以 $1+y/m$。对式（7-3）进行这一调整以后，所定义的久期被称为修正久期（modified duration）。

例 7-2

由表 7-3 描述的债券价格为 94.213，久期为 2.653。每年复利两次的收益率为 12.3673%（见附录 A），修正久期为

$$D^* = \frac{2.653}{1+0.123673/2} = 2.4985$$

由关系式（7-1），我们得出

$$\Delta B = -94.213 \times 2.4985 \Delta y$$

或

$$\Delta B = -235.39 \Delta y$$

当收益率（一年复利 2 次）增加 10 个基点（0.1%），即 $\Delta y = +0.001$。久期关系式预计债券价格变化 ΔB 为 $-235.39 \times 0.001 = -0.235$，因此债券价格下降到 $94.213 - 0.235 = 93.978$。我们计算当收益率增加 10 个基点，即对应的收益率 $y = 12.4673\%$ 时（或 12.0941% 以连续复利计量）的债券价格，通过一个几乎与前面的例子相同的计算，我们得出的债券价格为 93.978。这一例子说明：当债券收益率变化较小时，修正久期计算公式非常精确。

7.3.2 绝对额久期

绝对额久期（dollar duration）等于修正久期与债券价格的乘积，如果 $D_\$$ 代表绝对额久期，由式（7-1）得出

$$\Delta B = -D_\$ \Delta y$$

采用微积分的记号

$$D_\$ = -\frac{dB}{dy}$$

久期为债券相对价格变化（即债券价格变化与债券价格的比率）与收益率变化建立了联系，而绝对额久期将债券价格变化与收益率变化建立了联系，绝对额久期类似于我们在第 6 章讨论的 Delta 度量。

7.4 曲率

对于收益曲线一个较小的平移，久期可以检测组合价值的相应变化。图 7-1 表明具有相同久期的两个债券组合价值与收益率之间的不同变化，这两个投资组合在起始点的导数（切线）相同，这意味着，当收益率有较小的变化，两个交易组合价值变化同收益率变化的百分比相同，这与式（7-1）一致，当利率变化较大时，两个组合价值变化有所不同。组合 X 的曲率比组合 Y 大。一个被称为曲率（convexity）的变量用于检验曲线的凸凹变化程度，它可用于改善近似式的准确性。

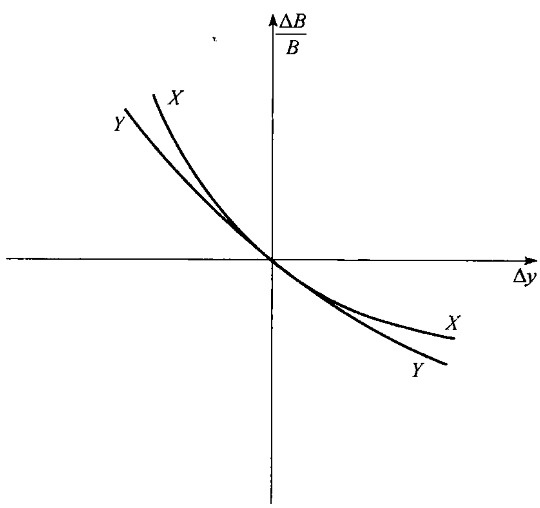


图 7-1 两个具备同样久期的交易组合

债券曲率的定义为：

$$C = \frac{1}{B}\frac{d^2B}{dy^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_i t_i^2 e^{-yt_i}}{B}$$

式中，y 对应于债券的收益率。债券曲率是将来收到现金流的时间平方的平均值，由附录 G 的结论，我们可以得出关于债券价格的两阶近似式

$$\Delta B=\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}y}\Delta y+\frac{1}{2}\frac{\mathrm{d}^2B}{\mathrm{d}y^2}(\Delta y)^2$$

由此

$$\frac{\Delta B}{B}=-D\Delta y+\frac{1}{2}C(\Delta y)^2 \tag{7-4}$$

例 7-3

由表7-3描述的债券B价格为94.213，久期为2.653，曲率为

$$0.05\times0.5^2+0.047\times1.0^2+0.044\times1.5^2+0.042\times2.0^2+0.039\times2.5^2+0.779\times3.0^2=7.570$$

由式（7-4）得出

$$\frac{\Delta B}{B}=-2.653\Delta y+\frac{1}{2}\times7.570\times(\Delta y)^2$$

假设债券收益率由12%变为14%，即变化量为2%，久期公式预计债券价值变化将是 $-94.213\times2.653\times0.02=-4.999$，曲率关系式预计变化为

$$-94.213\times2.653\times0.02+0.5\times94.213\times7.570\times0.02^2=-4.856$$

而证券价格的实际变化为 −4.859。这个例子说明：当债券收益率变化较大时，曲率公式比久期公式更精确。

绝对额曲率

绝对额曲率（dollar convexity）$C_\$$ 的定义与绝对额久期类似，它等于曲率与债券价格的乘积，这意味着

$$C_\$=\frac{\mathrm{d}^2B}{\mathrm{d}y^2}$$

绝对额曲率类似于我们在第6章讨论的Gamma度量。

7.5 推广

截至目前，我们采用了久期和曲率来检测单一证券对利率的敏感度，久期和曲率可以被推广到证券组合，或与利率相关的产品组合的情形。我们定义关于零息的平行移动为（如图7-2所示）对零息曲线的所有点平行移动一个等同数量。

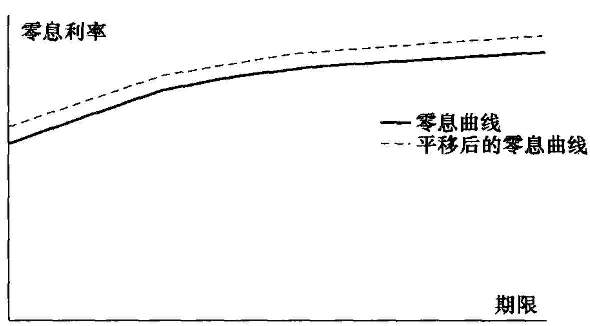


图7-2 零息曲线被平行移动 Δy 数量

假定 P 代表组合的价值，将零息收益曲线进行平行移动，我们观察到相应价格的变化为 ΔP，久期被定义为

$$D=-\frac{1}{P}\frac{\Delta P}{\Delta y} \tag{7-5}$$

式中，Δy 为平行移动的变化量[⊖]，式（7-5）等价为

$$\frac{\Delta P}{P}=-D\Delta y \tag{7-6}$$

假定组合是由多种资产组成，第 i 个资产价值为 X_i，其对应的久期为 D_i（$i=1, 2, \cdots, n$）。定义

⊖ 零息曲线平行移动 Δy 数量所引起债券收益率的变动大约为 Δy。

ΔX_i 为收益率变化 Δy 时的 X_i 的相应变化量，因此

$$D = -\frac{1}{P}\sum_{i=1}^{n}\frac{\Delta X_i}{\Delta y}$$

关于第 i 项资产的久期由以下公式给出

$$D_i = -\frac{1}{X_i}\frac{\Delta X_i}{\Delta y}$$

因此

$$D = \sum_{i=1}^{n}\frac{X_i}{P}D_i$$

这一公式说明投资组合的久期是其构成资产久期的加权平均，权重等于构成资产与整体组合价值的比率。

交易组合的绝对额久期 $D_\$$ 可被定义为交易组合的久期乘以组合的价值，即

$$D_\$ = -\frac{\Delta P}{\Delta y}$$

绝对额久期是交易组合对于利率的 Delta，与利率有关的产品所组成的交易组合的绝对额久期等于交易组合的构成资产的绝对额久期的总和。

曲率的概念可以像久期那样得以推广，假定一个与利率相关的组合其价格为 P，我们定义组合的曲率 C 为 $1/P$ 乘以组合的价值对零收益曲线平行移动二阶偏导的乘积，将 B 替换为 P，式（7-4）仍然正确

$$\frac{\Delta P}{P} = -D\Delta y + \frac{1}{2}C(\Delta y)^2 \tag{7-7}$$

式（7-7）阐明了组合的曲率与构成组合的资产曲率关系，这一关系与久期的关系式相似，也就是说，组合的曲率等于构成资产的曲率的加权平均，其权重为构成资产价格占整体组合价格的比率。如果一个投资是在较长的时间有较为均匀分布的现金流，债券组合的曲率会趋向最大，而当现金流局限在一个点时，债券组合的曲率趋向最小。

价格为 P 的交易组合的绝对额曲率可被定义为 P 乘以组合的曲率，绝对额曲率检验了交易组合对利率的 Gamma，与利率有关的产品所组成的交易组合的绝对额曲率等于组合的构成资产的绝对额曲率的总和。

债券组合免疫

通过保证久期为 0，我们可以使得一个与利率有关（由买入及卖出资产所组成的）交易组合价值不受收益曲线小规模平行移动的影响。保证久期及曲率均为 0 或者接近于 0，我们可以使得交易组合价值不受收益曲线较大规模平行移动的影响。

7.6 收益曲线的非平行移动

不幸的是，一个利率久期的关系式（7-6）只适应于利率曲线的平行移动，由久期和曲率所组成的关系式（7-7）适应于较大规模的利率变动，但变动形式仍是平行移动。

一些研究人员已经试图扩展久期理论以使得这一理论可以适用于收益曲线的非平行移动。Reitano提出一种局部久期检测方法，在这一方法中零息收益曲线只在局部一点得以变动，而收益

曲线的其他点保持不变[⊖]。例如，假定零息收益率由表7-4及图7-3所示，将收益曲线上的第5年所对应的节点按图7-4所示的形式进行扰动[⊜]。

表7-4 某一零息收益率曲线（利率为连续复利）

期限（年）	1	2	3	4	5	7	10
Rate（%）	4.0	4.5	4.8	5.0	5.1	5.2	5.3

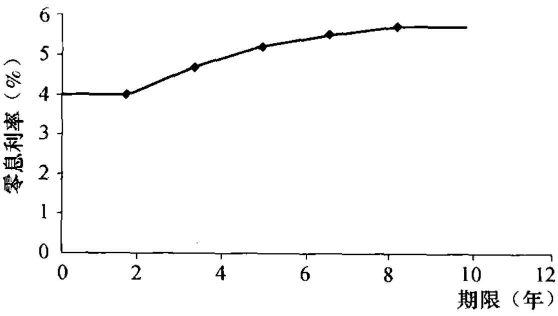


图7-3 与表7-4对应的零息收益率曲线

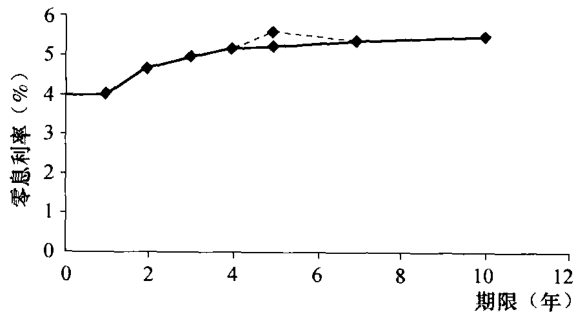


图7-4 零息收益率曲线上一点得以扰动

假定零息曲线上有 n 个点，交易组合对于收益曲线上第 i 点的局部久期 D_i 的定义为

$$D_i = -\frac{1}{P}\frac{\Delta P_i}{\Delta y_i} \tag{7-8}$$

式中，P 为交易组合的价值，Δy_i 对应于收益曲线上第 i 个节点的变动幅度，ΔP_i 是所对应交易组合的价值变化量，变量 Δy_i 是以小数点形式所描述的利率变化，即 $\Delta y_i=0.001$ 对应于第 i 点10个基点变化。由式（7-8）所示，由于零息曲线第 i 个节点的变化 Δy_i 所触发的组合价值的相对变化为

$$\frac{\Delta P_i}{P} = -D_i\Delta y_i \tag{7-9}$$

例7-4

一个价值500万美元的交易组合的局部久期如表7-5所示，当1年利率增长10个基点时，组合价值变化为

$$-2\times 5\,000\,000\times 0.001 = -10\,000$$

（即交易组合价值减少量为10 000美元）；当4年利率增长5个基点时，组合价值变化为

$$-0.2\times 5\,000\,000\times 0.0005 = -500$$

（即交易组合价值减少量为500美元）；当10年利率增长2个基点时，组合价值变化为

$$1.9\times 5\,000\,000\times 0.0002 = 1\,900$$

即1 900美元。

所有不同的局部久期之和等于通常意义下的久期，这是因为对于零息曲线上所有的点进行等同数量的移动等价于对零息曲线进行平行移动。表7-5显示的交易组合的局部久期之和仅仅为0.2，这说明交易组合对于收益曲线的平行移动并不是很敏感。但是从表上我们可以看到，对应于短期期限的久期为正，对应于长期期限的久期为负，这说明当短期利率增大（下降）时组合会有损失（收益），当长期利率增大（下降）时组合会有收益（损失）。

⊖ 见 R. Reitano，"Non-Parallel Yield Curve Shifts and Immunization"，*Journal of Portfolio Management*，Spring 1992，36-43。

⊜ 当零息曲线的第 i 个点被移动而其他点不动时，这时的零息曲线是由被移动点和不被移动点的插值来生成的，如图7-4所示。

表 7-5 某投资组合的局部久期

期限（年）	1	2	3	4	5	7	10	总计
久期	2.0	1.6	0.6	0.2	-0.5	-1.8	-1.9	0.2

我们现在可以进一步说明非平行移动对交易组合的影响，我们能够以任何方式将曲线进行扰动，假如原始收益曲线如图 7-3 所示，我们在此可以定义一种转动方法，对应于 1 年、2 年、3 年、4 年、5 年、7 年及 10 年节点利率变动量为 -3e，-2e，-e，0，e，3e 及 6e，这里 e 为一个基点，即 0.000 1，图 7-5 是此扰动的图形显示。采用表 7-5 中的局部久期数据和式（7-9），我们得出交易组合对 1 年利率扰动的敏感性为

$$-2.0\times(-3e)=6e$$

我们得出交易组合对 2 年利率扰动的敏感性为

$$-1.6\times(-2e)=3.2e$$

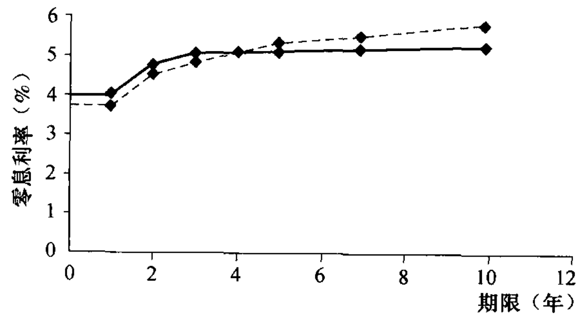


图 7-5 利率曲线的旋转

最终，我们得出交易组合对所有扰动的敏感性的总和为 27.1e，对于曲线的一个小的变动 e，交易组合价值的相对变化为 -0.2e，这一结果显示具有表 7-5 所示的局部久期的交易组合对于这一转动的敏感性远大于对平行移动的敏感性。

7.7 利率敏感性

在实际中，我们可以采取不同的方法来计算利率的 Delta，一种方法是将绝对额久期定义为 Delta，这一计算是求取交易组合对零息曲线的敏感性，还有一种方法是将 Delta 定义为所谓的 DV01，该变量是用于检验所有利率的一个基点（one-basis-point）变化对交易组合的影响，它等于绝对额久期乘以 0.000 1，换一种说法来讲，DV01 等于交易组合价值乘以久期再乘以 0.000 1。

在实践中，分析员常常采用几种不同形式的敏感性来确定他们的交易组合对于收益曲线不同变化形式的风险暴露。一种办法就是计算我们在以上章节讨论的局部久期，这种方法需要确定图 7-4 所示的收益曲线上每一点的变动（一个基点）对于交易组合的影响，这一敏感性等于由表 7-5 所示的计算结果乘以交易组合价格再乘以 0.000 1，所有节点的敏感性之和等于 DV01。假定由表 7-5 所示的组合价值为 100 万元，表 7-6 显示了计算出的敏感性的数量 Delta。

表 7-6 表 7-5 所示的投资组合的 Delta

期限（年）	1	2	3	4	5	7	10	总计
Delta	200	160	60	20	-50	-180	-190	20

注：组合价值为 100 万美元，表中的数字为利率曲线的节点上的利率一个基点的变化对投资组合的影响。

另外一种做法是首先将收益曲线分成若干部分或者几段（bucket），然后计算每一部分的变动对于交易组合的影响，在扰动任意一部分利率时，要保证其他部分的利率不变。这种方法常常应用于资产负债管理过程（见 7.1 节），此管理方法也被称为缺口管理方法（GAP management）。图 7-6 将图 7-3 所示曲线中介于 2 ~ 3 年的部分进行扰动，类似于局部久期方法，所有部分敏感性的和也等于 DV01。

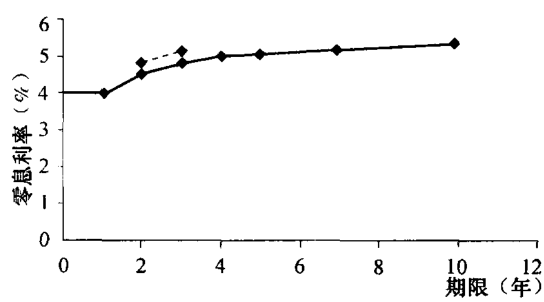


图 7-6 某一段区间的利率曲线变化

计算敏感率以便于对冲

截至目前，我们考虑的敏感性并不是为了对冲而设计的。考虑由表7-6所示的Delta，假定我们打算用零息债券来对冲交易组合，我们可以计算出相应一年期零息债券的头寸，并以此来对冲在一年期每一个基点利率变化而触发的200美元价格变动。同样我们也可以计算出两年期零息债券的头寸来对冲两年期的利率变化，并依此类推。但是如果在对冲中采用非零息期票债券，对冲难度会大大增加。

在实践中，交易员往往采用那些生成零息收益率曲线的产品来对冲他们的风险头寸。例如，一个政府债券交易员喜欢交易在市场上最活跃的并用于构造零息收益率曲线的政府债券。又例如，一个交易员的交易产品和LIBOR/互换曲线有关，当这一交易员进入对冲交易时，往往会采用LIBOR存款、欧洲美元期货以及互换交易等。

为了便于对冲分析，交易员往往检测构造零息收益率产品价格的微小变动对于交易组合的影响。当价格有微小变化时，零息收益率曲线会重新产生，组合也会重新估价。考虑某个负责交易利率上限期权以及利率互换期权的交易员，假定对应于某一欧洲美元期货报价的每一个基点变动，交易员的交易组合价格变化为500美元，而对应于一个基点价格变动，期货价格变化为25美元，因此交易员可以采用20个期货来对冲其风险；假定对应于5年期互换利率的一个基点变化，交易组合价格变化为4 000美元，而对应于这一5年期互换利率变化，一个5年期面值100万美元互换价格变化为400美元，因此交易员可以采用一个面值1 000万美元的互换来对冲其交易组合。

7.8 主成分分析法

对于任意一个零息收益曲线，前面所述方法可能会造成分析员要计算10~15个不同的敏感度，这看起来似乎有点小题大做，因为曲线上的变量相互之间高度相关。例如，曲线上5年期的收益率变化了若干基点，在大多数情况下，10年期的收益率变化也大致如此。当一个交易员在5年期有一个很大的正风险头寸，而对应于10年期有一个类似的负风险头寸，不严格地讲，该交易员此时不应该太担心利率的变化。

一种可用来分析高度相关的市场变量的风险方法是主成分分析法（principal component analysis），这种方法以市场变量的历史变化数据为依据，并试图从中找出解释这些变化的主要成分或因素。

主成分是一种标准的统计工具，具有多方面的应用，在附录I中，我们解释了主成分方法的数学基础。通过一个实例，我们可以更好地解释这一方法。我们考虑的市场变量是期限为3个月到30年的10个不同的美国国债利率，表7-7及表7-8显示出Frye的计算结果[⊖]。在计算中，Frey采用了1989~1995年1 543天的观测数据。表7-7中第1列显示了利率期限，表中其他列显示出描述利率变化的10个因子（主要成分）。第1个因子对应于利率曲线变化的平行移动，这一因子位于表中PC1，一个单位的PC1对应的3个月利率增加量为0.21基点，6个月利率的增加量为0.26个基点，并依此类推；第2个因子对应于PC2列，这一因子对应于收益率曲线的扭动（twist）或曲线坡度的变化，3个月和2年利率变化为同一方向，3年和30年利率变化为另一方向；第3个因子PC3对应于利率曲线弓伸（bowing）现象，对应于这一因子短期及长期利率朝同

⊖ 见J. Frye, "Principals of Risk: Finding VAR through Factor-Based Interest Rate Scenarios." In *VAR: Understanding and Applying Value at Risk*, Risk Publications, London, 1997, pp. 275-288。

一方向移动，而中期利率会朝另一相反方向移动，因子所对应的利率变动被称为因子载荷（factor loading），在我们的例子中，对于3个月期的第1个因子的因子载荷为0.21[㊀]。

表7-7 美国国债利率的因子载荷

利率期限	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
3个月	0.21	-0.57	0.50	0.47	-0.39	-0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
6个月	0.26	-0.49	0.23	-0.37	0.70	0.01	-0.04	-0.02	-0.01	0.00
1年	0.32	-0.32	-0.37	-0.58	-0.52	-0.23	-0.04	-0.05	0.00	0.01
2年	0.35	-0.10	-0.38	0.17	0.04	0.59	0.56	0.12	-0.12	-0.05
3年	0.36	0.02	-0.30	0.27	0.07	0.24	-0.79	0.00	-0.09	-0.00
4年	0.36	0.14	-0.12	0.25	0.16	-0.63	0.15	0.55	-0.14	-0.08
5年	0.36	0.17	-0.04	0.14	0.08	-0.10	0.09	-0.26	0.71	0.48
7年	0.34	0.27	0.15	0.01	0.00	-0.12	0.13	-0.54	0.00	-0.68
10年	0.31	0.30	0.28	-0.10	-0.06	0.01	0.03	-0.23	-0.63	0.52
30年	0.25	0.33	0.46	-0.34	-0.18	0.33	-0.09	0.52	0.26	-0.13

表7-8 因子得分的方差（基点）

PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
17.49	6.05	3.10	2.17	1.97	1.69	1.27	1.24	0.80	0.79

因为我们的分析涉及10个利率变量以及10个因子，通过对一线性10元方程求解，我们可以将任意一天的利率变化表达为变化因子的线性组合，任意一天的利率变化对应某一因子的系数也被称为这一天利率变化的因子得分（factor score）。

因子的重要性是通过因子得分的方差来反映的，例子中的因子得分的标准差如表7-8所示，按大小进行排列。第1个因子的标准差与3个月期的数量为 $0.21\times17.49=3.67$ 个基点的利率变化相对应，及与6个月期的数量为 $0.26\times17.49=4.55$ 个基点的利率变化相对应，并依此类推。

因子之间具有相互独立的性质。在我们的例子中，第1因子得分（平行移动数量）与第2因子得分（扭动数量）在1 543个观察日内相互独立。因子得分的方差（也就是标准差的平方）满足以下性质：其和相加等于整个数据的方差。由表7-8得出，数据的整体方差（也就是3个月期的观察值的方差，6个月期的观察值方差等）为

$$17.49^2+6.05^2+3.10^2+\cdots+0.79^2=367.9$$

由此可以看到第1个因子解释了 $17.49^2/367.9=83.1\%$ 的原始数据的变化；前两个因子解释了

$$(17.49^2+6.05^2)/367.9=93\%$$

的数据变化；第3个因子进一步解释了2.6%的数据变化。这说明，大部分利率变化中的风险可以由前两个或前三个因子来解释，这意味着我们可以将利率产品组合的风险同这些主要因子联系起来，因此我们并不需要考虑整体10个不同的利率。我们在图7-7中画出了表7-7所示的三个最重要的因子[㊁]。

㊀ 因子载荷有一性质：所有载荷因子的平方和为1.0。

㊁ 将主成分分析方法应用于任何一个国家的任意一收益曲线所得出的主要因子含义及解释整体风险的数量与这里陈述的结论基本相同。

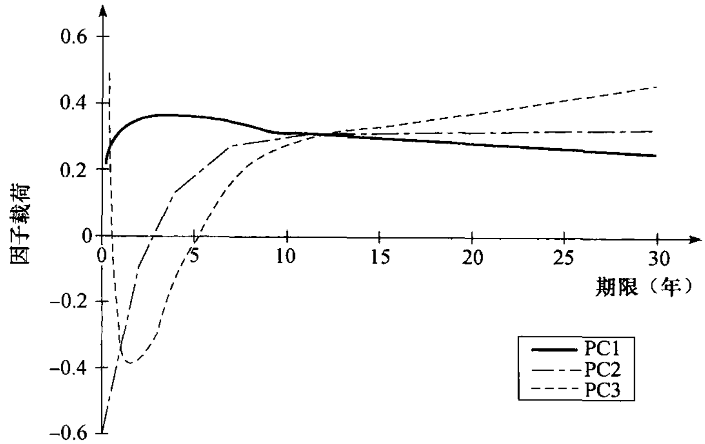


图7-7 驱动利率变化的三个最重要因素

应用主成分分析法来计算敏感度

主成分分析法给计算 Delta 提供了又一有效的途径。为了说明这一点，假定我们拥有一交易组合，对于利率变化的敏感度，如表7-9 所示。一年利率变化一个基点触发组合价值增加量为 1 000 万美元，两年利率变化一个基点触发组合价值增加量为 400 万美元，等等。如果我们采用前两个最重要因子来模拟利率变化（如前所述，这两个因子解释了超出了 90% 的利率变化），应用表 7-7 中的数据，我们算出对于第一因子的敏感度（对于每一因子得分的一个基点变动所触发的以百万元为单位的变动数量）为

$$10\times0.32+4\times0.35-8\times0.36-7\times0.36+2\times0.36=-0.08$$

及对于第二因子的敏感度为

$$10\times(-0.32)+4\times(-0.10)-8\times0.02-7\times0.14+2\times0.17=-4.40$$

表 7-9 与一个基点利率变化相对应的交易组合价值变化（以 100 万美元计）

1 年利率	2 年利率	3 年利率	4 年利率	5 年利率
+10	+4	-8	-7	+2

这里的计算方法与 7.6 节中所描述的用局部久期来解释非平行移动的方法相似，应用主成分方法的优点是这种方法会告诉你利率的哪种不同变化形式更为重要。在已经考虑的例子中，我们看到交易组合对于第 2 种利率变化的暴露程度是对于第 1 种变化暴露程度的 50 倍，但是，以出现频率来看，第 1 种变化出现的可能性是第 2 种变化出现可能性的 3 倍（我们的结论是基于表 7-8 所给出的得分因子的标准差）。

7.9 Gamma 和 Vega

对应几个变量的 Delta，会产生许多不同的 Gamma。假定在一个收益曲线的构造中涉及 10 个金融产品，我们在此想检测交易组合对于每一种产品的敏感性，Gamma 是指交易组合价格对于基础变量的二阶偏导数 $\partial^2 P/\partial x_i \partial x_j$，其中 P 为交易组合的价格，对于 x_i 及 x_j，我们有 10 种不同的选择，因此我们会有 55 个不同的 Gamma 项。对所有这些值进行计算及检测，会造成“信息超负荷”（information overload）。一种变通的方法是忽略交叉项，因此我们只关心在 $i=j$ 时 10 个 Gamma 项，

另外一种做法是将 Gamma 定义为交易组合价值对于收益曲线平行移动的两阶导数，此时的 Gamma 项是单一变量。还有一种选择是计算交易组合价值对于主因素分析中的前两个主要因子的 Gamma 项。

一个利率产品交易组合的 Vega 是用来检测交易组合价值对于波动率的暴露程度，不同的利率衍生产品定价需要采用不同的波动率，一种检验波动率对组合价值影响的办法是以相同数量来扰动的波动率，另外一种办法是采用主成分分析方法，在主成分分析方法中我们需要计算出不同产品波动率的主要变化因子，之后我们可以计算出对应于前两个或前三个主要因子的 Vega 数量。

7.10 小结

银行的净利息收入来源于利息收入与费用之差，现在银行已建立了较为完善的资产负债管理程序以使得净利息收入在不同年度会保持相对稳定，银行通常是调整不同期限的客户利率以达到资产负债的平衡。

在世界的不同地区，LIBOR 利率是浮动息贷款的主要标准利率，LIBOR 利率是一个 AA 级公司短期的融资利率，一个完整的 LIBOR 曲线是由 LIBOR 利率、欧洲美元期货及互换利率计算得出，由 LIBOR 曲线得出的在某一时间段的远期利率是关于在时间段开始时，信用为 AA 级公司的短期贷款利率，而不是今天 AA 级公司在时间段开始时的短期贷款利率，多数金融机构将 LIBOR/互换利率结构曲线作为是对无风险利率曲线的近似。

在利率市场中，久期是一个重要概念。久期衡量交易组合价格对零息收益率曲线平行变化的敏感度。我们有以下近似等式：

$$\Delta P = -PD\Delta y$$

式中，P 为交易组合价值，D 为组合价值的久期，Δy 为零息曲线平行移动的微小变量，ΔP 是由 Δy 产生的组合价值变化。另外，一个更为精确的关系式为

$$\Delta P = -PD\Delta y + \frac{1}{2}CP(\Delta y)^2$$

式中，C 为组合的曲率，这一关系式对于收益曲线一个较大的平行移动仍然成立，但是，此关系式不适用于收益曲线的非平行移动。

为了量化利率曲线在不同时间的不同变化对投资组合的影响，我们需要引入几种不同的久期及敏感度。主因子分析法给计算多项敏感度提供了另一种有效的方法。实际生活中的收益曲线变化在很大程度上等价于由二项或三项典型变化的线性迭加。假如一个交易组合管理人员对于这些典型变化进行了对冲，因此他通常也对实际生活中的曲线变化进行了对冲。

推荐阅读

Duffie, D., "Debt Management and Interest Rate Risk," in: W. Beaver and G. Parker (eds.), *Risk Management: Challenges and Solutions.* New York: McGraw-Hill, 1994.

Fabozzi, F. J., *Duration, Convexity, and Other Bond Risk Measures.* Frank J. Fabozzi Associates, 1999.

Frye, J., "Principals of Risk: Finding VAR through Factor-Based Interest Rate Scenarios," in: *VAR: Understanding and Applying Value at Risk.* London: Risk Publications, 1997, pp. 275-288.

Jorion, P., *Big Bets Gone Bad: Derivatives and Bankruptcy in Orange County*. New York: Academic Press, 1995.

Reitano, R., "Non-Parallel Yield Curve Shifts and Immunization," *Journal of Portfolio Management*, Spring 1992: 36-43.

练习题

7.1 请详细解释由业界事例7-1中数据所示的大陆伊利诺伊银行在1980~1983年所面临的风险类型。

7.2 请详细解释造成美国S&L机构失败的利率风险。

7.3 假设银行有一个50亿美元一年期贷款及一个200亿美元5年期贷款，支撑这些资产的负债分别为150亿美元1年期及100亿美元5年期存款。请陈述一下如果在今后三年中每年利率均增长1%，净利息收入会受到什么样的影响。

7.4 请解释为什么通常长期利率会高于短期利率？在什么情况下长期利率会低于短期利率。

7.5 为什么美国国债收益率远低于无风险投资收益率？

7.6 久期可以告诉你债券价格同利率变化之间什么样的敏感关系？久期的局限性是什么？

7.7 一个年收益率为11%（连续复利）的5年期债券在每年年底支付8%的票息。

(a) 此债券价格为多少？

(b) 债券久期为多少？

(c) 运用久期公式来说明幅度为0.2%的收益率下降对债券价格的影响。

(d) 重新计算年收益率为10.8%时债券的价格，并验证计算结果同（c）的一致性。

7.8 假定收益率为一年复利一次，重复练习题7.7的计算，在计算中请采用修正久期公式。

7.9 一个6年期的债券的连续复利收益率为4%，此债券在每年的年底支付5%票息，利用久期及曲率公式来计算说明，1%的收益率的上升对债券价格的影响？公式计算准确性如何？

7.10 请说明三种计算变量敏感率并以此管理非线性移动的办法。

7.11 估算由表7-6定义的交易组合对于表7-7中前两个因素的敏感率（Delta）。

7.12 利用表7-5的数据来计算利率曲线的变动对一个价值为1 000万美元的交易组合的影响，利率曲线的变动为利率曲线1年、2年、3年、4年、5年、7年和10年的利率分别增加10个、8个、7个、6个、5个、3个和1个基点。

7.13 如何定义绝对额久期和绝对额曲率？

7.14 以下关于交易组合的变量的关系是什么？(a) 久期；(b) 局部久期；(c) DV01。

作业题

7.15 假定某银行有100亿美元1年期及300亿美元5年期贷款，支撑这些资产的分别是350亿美元1年期及50亿美元5年期存款。假定银行权益资本为20亿美元，而当前权益资本收益率为12%。请估计使得权益资本收益率变为0所对应的利率变化为多大？假定银行税率为30%。

7.16 组合A是由一个一年期，面值为2 000美元零息债券及一个10年期，面值为6 000美元的零息债券组成。组合B是由5.95年期，面值为5 000美元的债券组成，当前所有债券年收益率为10%（连续复利）。

(a) 证明两个组合有相同的久期。

(b) 证明如果收益率有0.1%上升，两个组合价值变化同利率变化的百分比相同。

(c) 如果收益率上升5%，两种组合价值

变化同利率变化的百分比为多少?

7.17 作业题 7.16 中交易组合的曲率为多少?(a) 久期;(b) 曲率在多大程度上解释了作业题 7.16 中 C 部分组合变化的百分比?

7.18 假定表 7-5 为对局部久期的估计解释了在以下曲线移动的效果:10 年利率保持不变,一年利率增大 9e,1 年与 10 年之间利率变化由 0 与 9e 之间线性插值得出,由此你将如何得出类似 7.6 节给出的旋转所产生的扰动结果?

7.19 收益曲线上 3 个月、6 个月、1 年、2 年、3 年、4 年及 5 年的不同期限的利率分别增长一个基点时,交易组合价值变化分别为 +5, -3, -1, +2, +5, +7 以及 +8 (以 100 万美元计)。估算交易组合对于表 7-7所示的前三个因子的变化率,并将这三个因子的重要性进行定量化。

风险价值度

在第6章和第7章，我们讨论了金融机构负责管理某些特殊市场变量（例如，股指、利率或商品价格）的风险暴露的交易员如何计算 Delta、Gamma 及 Vega。金融机构的交易组合往往取决于上百上千个市场变量，因此交易员每天的分析可能会包括大量计算，虽然这些风险度量对交易员十分重要，但是并不能为金融机构的高管及金融机构的监管人员提供一个关于整体风险的完整图像。

风险价值度（value at risk，VaR）试图对金融机构的资产组合提供一个单一风险度量，而这一度量恰恰能体现金融机构的整体风险。这一最先由 J. P. 摩根（J. P. Morgan）（见业界事例 8-1）提出的理论已经被银行的资产部、基金管理人员以及其他金融机构采用。我们在第 11 章将指出，VaR 已经被巴塞尔委员会用来计算世界上不同地区的银行的资本金包括市场风险、信用风险和操作风险的资本金。

本章中我们将解释 VaR 的概念，并对其优点以及弱点进行讨论。在第 12 章及第 13 章，我们将解释如何计算市场风险价值度，在第 15 章，我们将讨论如何将风险价值度用于信用风险管理。

业界事例 8-1

有关 VaR 的历史回顾

风险价值度之所以在今天被得到广泛采用应归功于 J. P. 摩根。在最初，J. P. 摩根的总裁丹尼斯·韦瑟斯通对他每天收到冗长的报告非常不满意，风险报告中的大量信息是关于不同风险暴露的敏感度报告（希腊值），这些报告对于银行的整体风险管理的意义不大，丹尼斯·韦瑟斯通希望收到更为简洁的报告，报告应该阐明银行的整体交易组合在今后的24小时所面临的风险。最初丹尼斯的下属认为产生这样的报告是不可能的事情，但在最后，管理人员以马科维茨交易组合理论为基础（见1.1节）建立了风险价值度报告，这一报告被称为 16：15 报告，因为这一报告要在每天 16：15 时呈现在总裁的办公桌上。

为了产生风险价值度报告，管理人员需要采集银行在全世界不同地区的交易数据，这些交易所处的时区往往会不同。为了产生报告，风险管理人员还要对市场变量波动率及相关性有一定的估计，另外风险管理人员必须开发出产生报告的计算机系统。J. P. 摩根大约在1990年完成了自己的系统开发工作，这样的系统带给银行最主要的好处是使得银行高管对于银行自身所面临的风险有了清醒的认识。基于这样的系统，银行也能够更合理地分配资本金。与此同时，其他银行也纷纷采用了类似的方法来计算自己的整体风险。截止到1993年，风险价值度已经成了测定风险的一个重要工具。

银行通常对自己开发的模型保持缄默。但是在1994年J. P. 摩根将自己开发的一个较为完善的模型RiskMetrics通过网络公布于世，用户在采用RiskMetrics时需要估计一组较大量数据的市场变量的方差及协方差。RiskMetrics自公布后吸引了许多人的注意力，这一系统也触发了市场对于风险价值度优缺点的讨论。后来，有许多软件公司也纷纷试图开发自己的VaR系统，有一些软件是基于RiskMetrics数据库之上。自此之后，风险价值度很快得到了金融机构及一些非金融机构的广泛采用，巴塞尔委员会在1996年公布了基于风险价值度的协议修正案，这一修正案在1998年得到了执行（见11.6节）。后来，RiskMetrics从J. P. 摩根中分离出来，成为了一家独立公司。1997年，这家公司开发出了可用于信用风险管理的CreditMetric系统，1999年，又开发了可以用于管理非金融机构风险的CorporateMetrics系统。

8.1 VaR的定义

当使用VaR来检测风险时，我们是在陈述以下事实：我们有$X\%$的把握，在T时间段，损失不会大于V。这里的变量V就是交易组合的VaR，VaR是两个变量的函数：时间展望期（T时间段）及置信区间（$X\%$）。这一变量对应于在今后的N天及在$X\%$的把握之下，交易损失的最大值。

VaR可以由组合的收益概率分布得出，也可以由损失的概率分布得出（对于前者，损失为收益的负值；对于后者，收益为损失的负值）。当采用收益分布时，VaR等于图8-1所示分布的第$100-X$收益分位数的负值；当采用损失分布时，VaR等于图8-2所示分布的第X损失分位数。例如，当T为5天，$X=97\%$时，VaR对应于交易组合在5天后收益分布中第3个分位数的负数；另外的看法是，VaR对应于交易组合在5天后损失分布中第97个分位数。

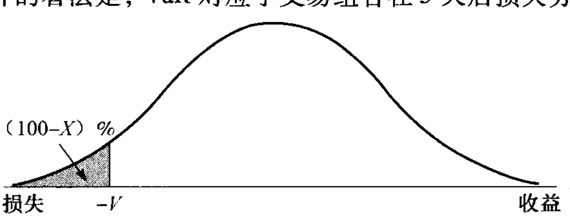


图8-1 由交易组合在时间T的收益概率分布中来计算VaR

注：损失为收益的负值，置信区间为$X\%$，VaR的大小为V。

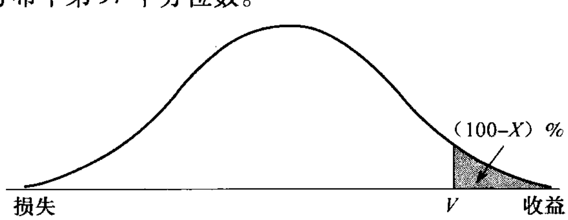


图8-2 由交易组合在时间T的损失概率分布中来计算VaR

注：收益为损失的负值，置信区间为$X\%$，VaR的大小为V。

8.2 VaR计算例子

在本节，我们将提供VaR计算的4个例子，在前两个例子中，收益（损失）分布为连续形

式；在后两个例子中，收益（损失）分布为离散形式。

例 8-1

假定一个交易组合在 6 个月时的收益服从正态分布，分布均值为 200 万美元，标准差为 1 000 万美元，从正态分布的性质得出，分布的第 1 个分位数为 2 - 2.33 × 10，即 -2 130 万美元，因此，对于 6 个月展望期，在 99% 置信度下的 VaR 为 2 130 万美元。

例 8-2

假定一个 1 年的项目的最终结果介于 5 000 万美元损失和 5 000 万美元收益之间，5 000 万美元损失和 5 000 万美元收益之间的任意结果具有均等的可能，这时，项目的最终结果服从由 -5 000 万美元到 +5 000万美元的均匀分布，损失大于 -4 900 万美元的可能性为 1%，因此，对于 1 年展望期，在 99% 置信度下的 VaR 为 4 900 万美元。

例 8-3

假定一个 1 年的项目有 98% 的概率收益为 200 万美元，1.5% 的概率损失为 400 万美元，0.5% 的概率损失为 1 000 万美元。损失累计分布由图 8-3 所示，在这一累计分布下，对应于 99% 累计概率的点为 400 万美元，因此，对于 1 年展望期，在 99% 置信度下的 VaR 为 400 万美元。

例 8-4

考虑例 8-3 中的情况，假定我们想求得对在 99.5% 置信度下的 VaR，这时，表 8-3 显示，损失介于 400 万美元和 1 000 万美元之间的任何一点的损失，均为 99.5% 的把握不会被超出，对于这一区间的任意数值 V，损失超出 V 的概率均为 0.5%。VaR 在这一情形不具有唯一性，一个合理的选择是将 VaR 设定为这一区间的中间值，这意味着，在 99.5% 置信度下的 VaR 为 700 万美元。

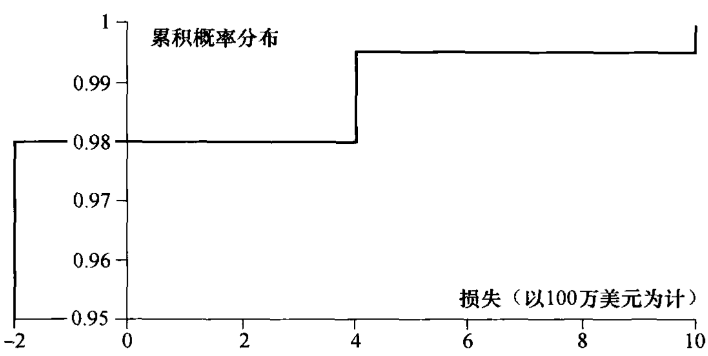


图 8-3 例 8-3 和例 8-4 中的累计损失分布

8.3 VaR 与预期亏损

VaR 的概念比较容易理解，所以这一概念很容易吸引人们的注意力。应用 VaR 时，事实上用户会问以下简单的问题“最坏情况会是怎样”，这一问题是所有的高级管理人员都应该关心的问题，将各种对于不同种类的市场变量的敏感度压缩成一个数字会使管理人员的工作变得容易一些。

另外，VaR 也较容易得到回顾测试，这一点将在本章进一步讨论。

但是，采用 VaR 来设定交易的风险额度时，也可能会产生我们不想看到的结果。假定，一家银行限定某交易员的交易组合在一定展望期的 99% VaR 的额度 1 000 万美元，交易员可以构造一交易组合有 99.1% 的可能每天的损失小于 1 000 万美元，但有 0.9% 的可能损失 5 000 万美元。这一交易员满足了银行所设定的额度。但很明显，交易员在承担银行不可接受的风险。

交易员的这种行为并不是不可能，许多交易员喜欢承担更大的风险，以期得到更高的回报。如果交易员能够在没有超出额度的情况下承担更大的风险，他们往往会那样去做，这里引用某交易员的一席话“我还从来没有碰到过一种风险控制系统会使我的交易无法进行”。交易员所追求的概率分布形式如图 8-4 所示，图 8-4 所示的 VaR 等同于图 8-1 所示的 VaR，但图 8-4 所对应的风险要远大于图 8-1 所对应的风险，这是因为图 8-4 所示分布更有可能出现大的损失。

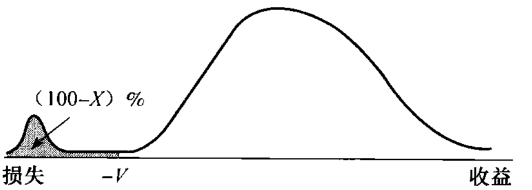


图 8-4 一个交易组合在时间 T 的概率分布，置信区间为 $X\%$，该分布所对应的 VaR 等同于图 8-1 所对应的 VaR，但该图显示出现大额损失的可能性更大

预期亏损

一种比 VaR 更能使交易员产生好的管理动机的风险度量为预期亏损（expected shortfall）度量，这一度量有时也被称为条件风险价值度（conditional VaR）或条件尾部期望（conditional tail expectation）或尾部损失（tail loss）。VaR 度量的目的是为了展示损失会糟成什么样子，而预期亏损是对于以下问题的答案：“当市场条件变糟而触发损失时，我们的损失的期望值为多大?” 像 VaR 一样，预期亏损也是两个变量的函数：即展望期的时间长度 T（展望期）以及置信区间（水平 X），预期亏损是指在 T 时间段的损失超出了第 X 个分位数的条件下，损失的期望值。例如，当 $X=99$，$T=10$ 天时，VaR =6 400 万美元预期亏损是指在今后 10 天，损失超出 6 400 万美元以上的平均损失。

在下一节我们将说明，从风险分散的意义上来讲，预期亏损要比 VaR 有更好的性态。但是，预期亏损的缺点在于其复杂性。预期亏损比 VaR 更为复杂，因此这一风险度量要比 VaR 更难以理解，另外预期亏损的准确性很难得到回顾测试（我们今后将解释，回顾测试是利用历史数据来检验 VaR 度量可靠性的一种方式）。

虽然 VaR 在某些方面有些缺点，但这一管理方式已经在监管机构及风险管理人员之中得到了广泛应用，也就是因为这一原因我们将在本章以及随后的两章主要讨论如何计算及应用 VaR，讨论中涉及的许多观点也同样适用于预期亏损及其他风险度量。

8.4 VaR 和资本金

我们在今后的章节将描述，VaR 被监管当局以及金融机构用来确定资本金的持有量，对于市场风险，监管人员所要求的资本金等于在 10 天展望期的 99% VaR 的一定倍数，对信用风险和操作风险，监管人员要求在资本金计算中要采用 1 年展望期及 99.9% 的置信区间。

假定对应于 99.9% 置信区间和 1 年展望期，某交易组合的 VaR 为 5 000 万美元，这意味着在极端条件下（理论上讲，每 1 000 年出现一次），金融机构在 1 年时损失会超出 5 000 万美元，这同时也说明，如果金融机构持有 5 000 万美元的资本金，我们会有 99.9% 的把握，金融机构不会在 1 年内完全损失自身持有的资本金。

假定我们想设计某种风险度量来确定金融机构应持有的资本金数量，VaR 是最好的选择吗（在合适的展望期和置信水平下）？Artzner 等研究人员对这一问题进行了研究，他们指出度量应满足一定性态[㊀]：

- 单调性（monotonicity）：如果在所有的不同情形下，第 1 个交易组合的回报均低于另一个交易组合，那么这里的第 1 个交易组合的风险度量一定要比另一个大。
- 平移不变性（translation invariance）：如果我们在交易组合中加入 K 数量的现金，交易组合所对应的风险度量要减少 K 数量。
- 同质性（homogeneity）：假定一个交易组合内含资产品种和相对比例不变，但内含资产的数量增至原数量的 λ 倍，此时新交易组合的风险应是原风险的 λ 倍。
- 次可加性（subadditivity）：两个交易组合合并成一个新交易组合的风险度量小于或等于最初两个交易组合的风险度量的和。

以上风险度量的第 1 个性质比较显而易见，如果一个交易组合的回报总是比另一个交易组合要差，那么第 1 个交易组合的风险一定会更高；第 2 个条件也非常合理，如果我们在某个交易组合中加入 K 数量的现金，该现金可以为损失提供缓冲，相应的准备金要求也应该可以减少 K 数量；第 3 个条件也很合理，如果我们将某交易组合放大两倍，相应的资本金要求也应该增大两倍；第 4 个条件是在说明风险分散可以降低风险：即我们将两个交易组合叠加在一起，新的交易组合的风险应该减少，或至少保持不变。

VaR 满足以上讨论中的前 3 个条件，但 VaR 并不一定永远满足第 4 个条件，这一点将在以下例子中阐明。

例 8-5

假定两个独立贷款项目在 1 年内均有 0.02 的概率损失 1 000 万美元，同时均有 0.98 的概率损失 100 万美元，任意一个单笔贷款在展望期为 1 年、97.5% 的置信区间下的 VaR 为 100 万美元，将两个贷款叠加产生一个资产组合，组合有 $0.02 \times 0.02 = 0.0004$ 的概率损失 2 000 万美元，并且有 $2 \times 0.02 \times 0.98 = 0.0392$ 的概率损失 1 100 万美元，有 $0.98 \times 0.98 = 0.9604$ 的概率损失 200 万美元。在展望期为 1 年，97.5% 置信度下，组合的 VaR 为 1 100 万美元，单笔贷款所对应 VaR 的和为 200 万美元，贷款组合的 VaR 比贷款 VaR 的总和高 900 万美元，这违反了次可加性。

例 8-6

我们考虑两笔期限均为一年，面值均为 1 000 万的贷款，每笔贷款的违约率均为 1.25%，当其中任何一笔贷款违约时，收回本金的数量不定，但我们知道回收率介于 0 ~ 100% 的可能性为均等。当贷款没有违约时，贷款盈利均为 20 万美元。为了简化讨论，我们假设如果任意一笔贷款违约，那么另一笔贷款一定不会违约[㊁]。

首先考虑单笔贷款，违约可能为 1.25%，在违约发生的条件之下，损失均匀介于 0 ~ 1 000 万美元，这意味着有 1.25% 的概率损失大于零；有 0.625% 的概率损失大于 500 万；损失超出 1 000 万美元的事件不会发生。损失超出 200 万美元的概率为 1%（在损失发生的前提下，有 80%（0.8）的概率损失会超出 200 万美元，因为损失出现的概率为 1.25%（0.0125），损失大于 200 万美元的无条件概率为 $0.8 \times 0.0125 = 0.01$，即 1%），因此，1 年期的

㊀ 请参考 P. Artzner, F. Delbaen, J.-M. Eber, and D. Heath "Coherent Measures of Risk," *Mathematical Finance*, 9 (1999): 203-228。

㊁ 这样做是为了简化计算。如果贷款违约相互独立，那么两个违约可以同时产生，以上结果会稍有不同，但合并后交易组合的 VaR 仍然大于单一贷款的 VaR 的总和。

99% VaR为200万美元。

接下来考虑两笔贷款，每笔贷款的违约可能均为1.25%，并且两笔贷款不可能同时违约，因此，任何两笔贷款之中有一笔贷款违约出现的概率为2.5%，同上，违约所触发的损失介于0~1 000万美元的概率为均等，对应这种情况，VaR的估计值为580万美元，这是因为在两笔贷款之中有一笔贷款违约的概率为2.5%，在违约发生的条件下，损失超过600万美元的可能性为40%。因此，损失大于600万美元的无条件概率为2.5%×40%=1%。一笔贷款产生违约时，另外一笔贷款会有盈利20万美元，将这一盈利考虑在内，我们得出一年的99% VaR为580万美元。

将单独计算的单一贷款所产生的VaR进行相加，我们得出VaR的总和为200+200=400万美元，将两笔贷款组合在一起我们得出VaR比单项VaR的总和要多180万美元，我们都知道将多笔贷款合成一交易组合会带来风险分散的效应，但我们看到，两个交易组合合并之后的VaR可能会大于两个交易组合VaR的和。

8.5 满足一致性条件的风险度量

如果一个风险度量满足以上所有4个条件，这样的度量被称为满足一致性条件。例8-5和例8-6说明，VaR不满足一致性条件。我们可以证明以上讨论的预期亏损度量满足一致性条件，以下例子说明了这一点。

例8-7

让我们考虑例8-5中的情形，每笔贷款的VaR均为100万美元。为了计算在97.5%的置信区间下的预期亏损，我们注意到，在2.5%的尾部分布中，有2%的概率损失为1 000万美元，有0.5%的概率损失为100万美元（注意，其他97.5%的分布所对应的损失也为100万美元），在2.5%的尾部分布的范围内，有80%的概率损失为1 000万美元，有20%的概率损失为100万美元，预期亏损为（以100万美元计）0.8×10+0.2×1，即820万美元。

将两个贷款项目结合到一起时，在2.5%的尾部分布中，有0.04%的概率损失为2 000万美元，有2.46%的概率损失为1 100万美元，在2.5%的尾部分布的范围内，预期亏损为（0.04/2.5）×20+(2.46/2.5)×11，即1 114.4万美元。

因为8.2+8.2>11.144(以100万美元计)，我们得出预期亏损满足次可加性条件。

例8-8

让我们考虑例8-6中的情形，我们已经展示了单笔贷款所对应的VaR为200万美元，将展望期设为一年，在99%把握下所对应的预期亏损等于在损失大于200万美元的条件之下，损失的期望值。我们已知损失服从0~1 000万美元的均匀分布，因此，预期亏损为200万美元与1 000万美元之间的中间值，即600万美元。

例8-6说明，两笔贷款组成的贷款组合的VaR为580万美元，贷款组合的预期亏损等于在损失大于580万美元的条件之下，损失的期望值。当一笔贷款违约时，另一笔贷款不可能违约（这一点是由于假设），这时，贷款组合的价值介于20万美元的盈利（+20）及980万美元的损失（-980）之间的均匀分布，损失介于580万美元与980万美元之间的期望值为780万美元。因此，贷款组合的预期亏损为780万美元。

因为7.8小于2×6(以100万美元计)，我们得出预期亏损满足次可加性条件。

可加性条件并非只是一个理论要求，银行不难发现，有时将两个交易组合（例如，将股票交易组合和固定收益资产组合）叠加在一起时，叠加后的组合VaR会升高。

一个风险度量可以被理解为损失分布的分位数的某种加权平均[⊖]。VaR 对于第 X 个分位数设定了 100% 的权重，而对于其他分位数设定了 0 权重，预期亏损对于高于 $X\%$ 的分位数的所有分位数设定了相同比重，而对于低于 $X\%$ 的分位数的分位数设定了 0 比重。我们可以对分布中的其他分位数设定不同的比重，并以此定义出所谓的光谱型风险度量（spectral risk measure）。当光谱型风险度量对于第 q 个分位数的权重为 q 的非递减函数时，这一光谱型风险度量一定满足一致性条件（这种度量满足次可加性条件）。预期亏损满足以上要求，但 VaR 并不满足以上要求，因为 VaR 对于高于 $X\%$ 的分位数所设定的权重小于第 X 个分位数所对应的权重。研究人员提出了其他风险度量，在这些度量中，第 q 个分位数的权重随着 q 的改变而有较大的变化。其中一种想法是使第 q 个分位数所对应的权重与 $e^{-(1-q)/\gamma}$ 成比例，这里的 γ 为常数，这种权重设定所对应的度量被称为指数光谱风险度量（exponential spectral risk measure）。图 8-5 展示了当 γ 取两种不同的值时，预期亏损及指数光谱风险度量所对应的不同权重。

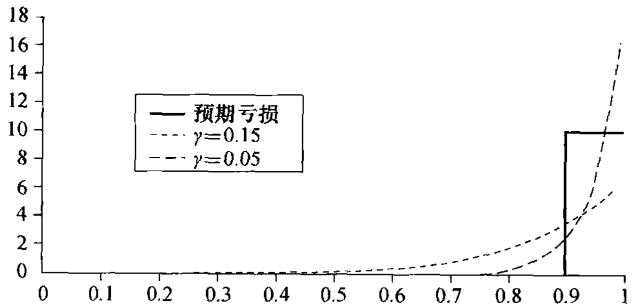


图 8-5 在 3 种情形中权重作为分位数的函数

注：3 种情形为：(a) $X\%=90\%$ 所对应的预期亏损；(b) $\gamma=0.15$ 所对应的指数光谱风险度量；(c) $\gamma=0.05$ 所对应的指数光谱风险度量。

8.6 VaR 中的参数选择

接下来让我们再次讨论 VaR，用户在计算 VaR 时须设定两个参数：时间展望期及置信度。一个较为普遍但颇具争议的假设是假定交易组合的价值变化在某指定展望期服从正态分布，交易组合价值变化的期望值通常被假设为零，在这些假定之下，VaR 的计算变得较为简便，简便计算公式为

$$\text{VaR} = \sigma N^{-1}(X) \tag{8-1}$$

式中，X 为置信度；σ 为对应于展望期的交易组合价值变化的标准差；$N^{-1}(\cdot)$ 代表累积标准正态分布的反函数（在 Excel 计算表中，这一项的计算可以通过调用函数 NORMSINV 来实现），式 (8-1) 显示出，无论对应于什么样的展望期以及置信度，VaR 与 σ 成正比。

例 8-9

假定某交易组合在 10 天展望期上的价值变化服从正态分布，分布的期望值为 0，标准差为 2 000 万美元，10 天展望期的 99% VaR 为

$$2\,000 N^{-1}(0.99) = 4\,650(\text{万美元})$$

⊖ 这里的分位数也被称为百分位数（percentiles）或部分分位数（fractiles）。

8.6.1 时间展望期

时间展望期的选取要因场合而定，银行的交易平台每天都需要计算交易的盈亏（profit and loss），交易账户中的头寸往往流通性较好，管理人员的交易管理行为较为活跃，因此对于银行每天计算交易组合的 VaR 就非常有意义。当 VaR 数量变得不可接受时，管理人员应对交易组合及时调整。对应于一个较长展望期的 VaR 的估计不一定有太大的意义，这是因为在一个较长的展望内，交易组合的内容往往会有较大的变化。

对于养老基金投资组合，管理人员往往会选择一个较长的展望期。这是因为投资组合的交易行为往往不太活跃，而且资产的流动性也不一定很好，养老基金投资组合的价值测算往往是每个月进行一次。

无论对应于什么样的场合，在考虑市场风险时，风险管理人员往往要首先计算一天展望期的 VaR，对于其他展望期，一个较为常用的假设为

$$N\text{-day VaR} = \text{1-day VaR} \times \sqrt{N} \tag{8-2}$$

当交易组合价值变化在每天之间相互独立，并且服从正态分布以及期望值为 0 时，式（8-2）绝对正确。对于其他情形，式（8-2）只是一个近似式，它的导出是基于式（8-1）及以下事实：

- N 个相互独立并具有等同分布的变量的标准差等于$\sqrt{N}$乘以任意一个分布的标准差。
- 多个相互独立正态分布的总和仍服从正态分布。

8.6.2 自相关性的影响

在实际中，投资组合价值每天之间的变化并不总是相互独立，定义 ΔP_i 为交易组合在第 i 天的价值变化，一个较为简单的假设是一阶自相关假定，即假定 ΔP_i 与 ΔP_{i-1}的相关系数为 ρ。假定对于任意 i，ΔP_i 的方差为 σ^2，采用两个变量之和的方差公式，我们得出 $\Delta P_i + \Delta P_{i-1}$的方差为

$$\sigma^2 + \sigma^2 + 2\rho\sigma^2 = 2(1+\rho)\sigma^2$$

其中，ΔP_{i-j}与 ΔP_i 的相关系数为ρ^j。因此，我们得出以下计算 $\sum_{i=1}^{T}\Delta P_i$ 的方差的计算公式（见练习题8.11）：

$$\sigma^2[T + 2(T-1)\rho + 2(T-2)\rho^2 + 2(T-3)\rho^3 + \cdots + 2\rho^{T-1}] \tag{8-3}$$

表8-1 展示了由一天的 VaR 来计算 T 天的 VaR 时的自相关性（autocorrelation）的影响。在计算中，我们假设交易组合每天的价值变化均服从正态分布，期望值为 0。我们应该注意到 T 天的 VaR 与一天的 VaR 的比率和日波动率 σ 以及置信度均无关，这一结论是基于式（8-1）及式（8-3）。式（8-3）阐明 T 天标准差与一天标准差成正比。将表中 $\rho=0$ 的情形与其他情形进行比较，我们得出：当自相关存在时，由式（8-1）所估计的 VaR 会偏低。

表 8-1 当存在一阶自相关性时 T 天的 VaR 同一天的 VaR 的比率

	$T=1$	$T=2$	$T=5$	$T=10$	$T=50$	$T=250$
$\rho=0$	1.00	1.41	2.24	3.16	7.07	15.81
$\rho=0.05$	1.00	1.45	2.33	3.31	7.43	16.62
$\rho=0.1$	1.00	1.48	2.42	3.46	7.80	17.47
$\rho=0.2$	1.00	1.55	2.62	3.79	8.62	19.35

注：在计算中，我们假定组合每天价值变化均为正态分布，期望值为 0，ρ 为自相关系数。

例 8-10

假定某交易组合每天价值变化的标准差为300万美元，每天价值变化的一阶自相关系数为0.1，由式（8-3），我们得出，在今后5天交易组合价值变化的方差为

$$300^2 \times [5+2\times4\times0.1+2\times3\times0.1^2+2\times2\times0.1^3+2\times1\times0.1^4]=527\ 778$$

今后5天价值变化的标准差为

$$\sqrt{527\ 778}=726.5\ （万美元）$$

因此5天的95% VaR $=726.5N^{-1}(0.95)=1\ 195$ 万美元，注意5天价值变化的标准差同一天价值变化的标准差的比率为7.265/3 = 2.42。在我们的假设之下，VaR 与标准差成正比，这里的计算正好对应于表8-1中 $\rho=0.1$ 及 $T=5$ 的情形。

8.6.3 置信区间

VaR 中选用的置信区间与若干因素有关。假定一家银行想保持自己的 AA 信用评级，银行通过计算得出，公司具有 AA 的信用评级在一年展望期内只有0.03%的破产可能，因此银行在内部管理过程中可以采用99.97%的置信区间，并且采用一年的展望期来计算资本金，银行也可将这一信息传达给评级公司，这一信息表明银行有资格得到 AA 的信用评级。

在实际计算中所采用的置信区间往往比在银行报告中采用的置信区间要小得多，这是因为对应于高置信区间 VaR 的估计会非常困难。如果每天的价值变化服从正态分布，期望值为0，我们可以采用式（8-1）来转换对应于不同置信区间的 VaR。假定 σ 为对应于某展望期交易组合价值变化的标准差，交易组合价值分布的期望值为0，对应于置信区间为 X 的 VaR 估计为 VaR（X），由式（8-1），我们得出

$$\text{VaR}(X)=\sigma N^{-1}(X)$$

以上公式对不同置信区间 X 均成立，由此我们得出

$$\text{VaR}(X^*)=\text{VaR}(X)\frac{N^{-1}(X^*)}{N^{-1}(X)} \tag{8-4}$$

不幸的是，式（8-4）直接取决于尾部损失分布为正态分布这一假设，当损失分布为非正态分布时，式（8-4）的精确度较差，在第12章将要讨论的极值理论会给我们提供对于尾部损失的外插的另一种方法。

式（8-4）假定两个 VaR 度量具有相同的展望期，如果想变换展望期，我们可以用式（8-2）、式（8-3）及式（8-4）结合来进行计算。

例 8-11

假定一交易组合一天的95% VaR 为150万美元，同时假定交易组合的价值变化服从正态分布，期望值为0，由式（8-4）得出，一天展望期的99% VaR 为 $150\times\frac{2.326}{1.645}=212$（万美元），如果我们假定交易组合的价值变化在每天之间相互独立，因此10天的99% VaR $=\sqrt{10}\times212=671$（万美元），250天的99% VaR $=\sqrt{250}\times212=3\ 354$（万美元）。

8.7 边际 VaR、递增 VaR 及成分 VaR

为了理解 VaR，分析员常常需要计算更多的风险度量。假定一投资组合有若干组成成分，其中第 i 个成分为 x_i，交易组合的边际 VaR 是指交易组合价格变化同某个组合成分的变化的比率，对于第 i 个成分的边际 VaR（marginal VaR）等于

$$\frac{\partial(\text{VaR})}{\partial x_i}$$

对于投资组合，边际 VaR 同资本资产定价模型中的贝塔系数有密切关系（见 1.1 节），当一个资产的贝塔系数较大时，该资产所对应的边际 VaR 往往也会很大；当资产的贝塔系数较小时，该资产所对应的边际 VaR 会很小，在有些情况下，某资产的边际 VaR 为负，这说明增加这一资产的权重会减小投资组合的风险。

递增 VaR（incremental VaR）是指一个新的交易的出现或某现存交易的退出对投资组合的 VaR 的影响。交易中经常会产生这样的问题："做或不做这个交易会对 VaR 有什么影响?"一种计算递增 VaR 的方法是通过大量计算（brute force calculation），即对包含新交易和不含新交易的组合的 VaR 都要计算，然后进行比较。不幸的是，这么做，计算时间会很长，如果相对于最初交易组合而言，某个子交易组合（subportfolio）很小，我们可以合理地假定当 x_i 趋近于零时，边际 VaR 保持不变，这一现象可以使我们导出对于第 i 个成分的递增 VaR 的估计式

$$\frac{\partial(\text{VaR})}{\partial x_i}x_i \tag{8-5}$$

根据欧拉（Euler）定理，我们得出计算成分 VaR 的公式[⊖]

$$\text{VaR} = \sum_{i=1}^{N}\frac{\partial(\text{VaR})}{\partial x_i}x_i$$

式中，N 为成分的个数，其中第 i 个子交易组合成分 VaR 被定义为

$$C_i = \frac{\partial(\text{VaR})}{\partial x_i}x_i \tag{8-6}$$

成分 VaR 具备以下性质：

- 某一大交易组合的第 i 个成分 VaR 与这一成分的递增 VaR 近似相等。
- 投资组合的成分 VaR 的总和等于投资组合的整体 VaR。

有趣的是，由式（8-6）所定义的 C_i 与将 C_i 定义为第 i 个成分条件预期亏损等价，即在损失达到 VaR 的条件下，第 i 个子交易组合的预期亏损量。成分 VaR 常用于将整体 VaR 分配到子交易组合，甚至到单一交易中。

边际、递增以及成分预期亏损的定义类似于最初边际、递增及成分 VaR 的定义，欧拉定理也可以完全适用于成分预期亏损，将预期亏损取代式（8-5）中的 VaR，我们即可得出有关边际预期亏损的结果。

8.8 回顾测试

不管采用什么样的方法来计算 VaR，我们必须将 VaR 同现实进行比较，这一测试被称为回顾测试（back testing），在这种测试中，模型结果同历史数据进行比较。假定我们开发出一个计算一天的 99% VaR 的模型，在回顾测试中，我们要找出交易组合每天的损失有多少次超出了一天的 99% VaR，实际损失超出 VaR 的情形被称为例外（exception）。如果例外的天数大约占整体天数的 1%，我们应该对 VaR 模型的表现感到欣慰；但是如果例外的天数占整体天数的比例远大于 1%（例如 7%），我们有理由认为这里的 VaR 估计偏低，从监管部门的角度来看，由这样的 VaR 而得出的资本金量会太低；从另一方面讲，如果例外情形发生的频率远低于 1%（例如 0.3%），我们有

⊖ 欧拉定理成立的前提是：当每一个成分被扩大 λ 倍时，相应的 VaR 也被扩大 λ 倍，这一条件被称为线性同质，很显然我们的分析满足这一条件。

理由认为这里的 VaR 估计偏高，由此而得出的资本金量则偏高。

在对 VaR 进行回顾测试时，我们要考虑在展望期内交易组合本身的变化。对这一问题有两种处理方式，第 1 种方式是假定交易组合内涵没有任何变化，在这一假设之上我们可以计算交易组合的价格变化，完成计算之后，我们可以将 VaR 与计算出的理论价格变化（hypothetical changes）进行比较；第 2 种方式是将 VaR 同交易组合价格的真实变化进行比较，在 VaR 的计算过程中，我们必然要假设在展望期内没有任何新的交易，正因为如此，将 VaR 同第 1 种方式中计算所得的理论价格变化进行比较看起来更为合理。但是，在我们的分析过程中，交易组合的实际价格变化才是我们管理的重心，在实践中，风险管理人员常常将 VaR 既同理论价格变化进行比较，也同实际价格变化进行比较（事实上，监管机构坚持在回顾测试中，VaR 要与交易组合的真实价格变化及理论价格变化同时进行比较）。在计算真实价格变化时，一些与市场风险无关的项目必须被剔除出来，这些项目包括手续费收入及一些非平均市场价格（买入价与卖出价的平均）带来的交易收入等。

假定 VaR 的展望期为一天，置信度为 $X\%$。如果 VaR 模型准确无误，那么每天的损失超出 VaR 的概率 $p=1-X/100$。假定我们总共有 n 个观察日，在所有的观察日中有 m 天损失超出了 VaR。假定，$m/n>p$，因为 VaR 的估计太低，我们在这里应该拒绝该模型吗？将我们的问题表达得更正式一些，我们考虑以下两种对立假设（alternative hypothesis）：

- 对应任意一天，例外发生的概率为 p。
- 对应任意一天，例外发生的概率大于 p。

这里的例外是指实际损失超出了 VaR 的估计。从二项分布（binomial distribution）的性质得出，有 m 天或更多天的天数损失超出 VaR 的概率为

$$\sum_{k=m}^{n}\frac{n!}{k!(n-k)!}p^{k}(1-p)^{n-k}$$

以上的计算可通过 Excel 中的函数 BINOMDIST 来实现，在统计假设检验中，一个经常被选定的置信度为 5%，如果在所有观察日中，有 m 天或更多天实际损失超出 VaR 的概率小于 5%，那么我们可以拒绝第 1 种假设，即例外发生的概率为 p；当 m 天或更多天实际损失超出 VaR 的概率大于 5%，我们不能拒绝第 1 种假设。

例 8-12

假定我们采用 600 天的数据来检测 VaR 模型，在计算 VaR 时我们选取了 99% 的置信区间，在 600 天观察数据中我们发现了 9 个例外，而在这里我们对例外所发生的次数的期望值为 6，这时我们应该拒绝这一 VaR 模型吗？通过 Excel 计算，对应于 9 个或更多的例外发生的概率为

1 – BINOMDIST (8, 600, 0.01, TRUE)

以上的计算数值为 0.152，因此如果采用 5% 的置信区间，我们不应该拒绝模型。但是假如我们发现例外的次数为 12，我们计算出的例外次数为 12 或更多的概率为 0.019，这时我们应该拒绝模型。事实上，当例外次数超出 11 时我们就应该拒绝模型（例外个数为 10 或更多的概率大于 5%，但例外次数为 11 或更多的概率小于 5%）。

当例外个数 m 小于例外的期望值时，我们可以采用一个类似的方法来检验例外发生的真正概率是否为 1%（在这时，我们的对立假设为例外发生的概率小于 1%）。此时有 m 个或更少例外发生的概率为

$$\sum_{k=0}^{m}\frac{n!}{k!(n-k)!}p^{k}(1-p)^{n-k}$$

这一数值要与 5% 界定值来进行比较。

例 8-13

假定我们采用 600 天的数据来检测 VaR 模型，在计算中我们选用 99% 的置信区间，在 600 天观察数据中我们只发现了一个例外，这一数值远低于例外的期望值 6，这时我们应该拒绝 VaR 模型吗？

Excel 计算有一个或没有例外发生的概率为

BINOMDIST（1，600，0.01，TRUE）

以上的计算数值为 0.017，因此如果采用 5% 的置信区间，我们应该拒绝模型。但是，如果例外发生的次数大于或等于 2，我们就不应该拒绝模型。

在这里我们所考虑的检验均为单向检验。在例 8-12 中，我们假定例外发生的概率或者是 1% 或者大于 1%，在例 8-13 中我们假定例外发生的概率或者是 1% 或者小于 1%。Kupiec 开发出了很有说服力的双向检验[1]（two-tailed test）。假定，在 VaR 中例外发生的概率为 p，而在 n 个观察日中例外发生了 m 次，变量

$$-2\ln[(1-p)^{n-m}p^{m}]+2\ln[(1-m/n)^{n-m}(m/n)^{m}] \tag{8-7}$$

应该服从具有一个自由度的 chi-平方分布（chi-square distribution）。当例外发生的次数或者很高或者很低时，由式（8-7）计算出的统计量会较大。在一个自由度的 chi-平方分布中，自变量大于 3.84 的概率为 5%，因此，由式（8-7）计算出的统计量大于 3.84 时，我们就可以拒绝模型。

例 8-14

如同例 8-12 及例 8-13，我们采用 600 天的数据来检验 VaR 模型，VaR 的置信区间仍为 99%，当例外出现的次数小于 1 或者大于 12 时，由式（8-7）计算出的统计量大于 3.84，因此在 $2\leqslant m\leqslant 11$ 时我们接受 VaR 模型，否则我们拒绝模型。

一般来讲，当 VaR 置信区间增大时，检测模型的难度也会提高，这也就是在计算 VaR 时不应该采用太高的置信区间的依据。

聚束效应

除了例外发生的频率这个问题外，我们还要讨论聚束效应（bunching）。当交易组合每天的价值变化独立，那么例外的发生应该比较均匀地分布在检测区间之内。在实践中，我们发现例外的发生往往聚束在一起，这说明了每天之间的损失分布并非独立，一种方法是采用由 Christofferson 提出的统计检验方法[2]。Christofferson 定义了以下统计量

$$-2\ln[(1-\pi)^{u_{00}+u_{10}}\pi^{u_{01}+u_{11}}]+2\ln[(1-\pi_{01})^{u_{00}}\pi_{01}^{u_{01}}(1-\pi_{11})^{u_{10}}\pi_{11}^{u_{11}}]$$

式中，u_{ij} 为在某天我们处在 i 状态而在第 2 天我们在 j 状态产生的次数，在没有聚束性态时，以上所定义的统计量服从有一个自由度 chi-平方分布，这里状态 0 定义为某一天没有例外发生，而状态 1 定义为在某一天例外有所发生，再有

$$\pi=\frac{u_{01}+u_{11}}{u_{00}+u_{01}+u_{10}+u_{11}}$$

$$\pi_{01}=\frac{u_{01}}{u_{00}+u_{01}},\qquad \pi_{11}=\frac{u_{11}}{u_{10}+u_{11}}$$

[1] 请参考 P. Kupiec "Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Management Models," *Journal of Derivatives*, 3 (1995), 73-84。

[2] 请参考 P. F. Christofferson, "Evaluating Interval Forecasts", *International Economic Review*, 39 (1998), 841-862。

8.9 小结

风险价值度的计算是为了使管理人员在管理过程中对以下问题有一个好的认识："有 $X\%$ 的把握，在时间段 T 后，我们的损失不会超出 V"，这里的变量 V 就是所谓的 VaR，$X\%$ 为置信程度，T 为展望期。VaR 近来已经成为一个非常流行的管理度量。另外一种更具有良好特性的管理方法是预期亏损法，这一度量为在损失大于 VaR 的条件之下，损失的期望值。

当交易组合价值变化服从正态分布时，以某一置信水平的 VaR 出发，我们可以计算出对应于其他置信水平的 VaR。再有，当每天之间的变化相互独立并且服从正态分布时，N 天的 VaR 值可由一天的 VaR 乘以$\sqrt{N}$而求得。当每天的变化相互独立的条件不满足时，我们可以采用另外一个较为复杂的公式来将一天的 VaR 转换为 N 天的 VaR。

假定一个交易组合是由一定数量的小的交易组合构成，一个交易组合对于第 i 个小交易组合的边际 VaR 等于交易组合对于这一小交易组合规模的偏导数，某个小交易组合的递增 VaR 等于这个小交易组合对于整个 VaR 的递增效应，我们采用一个公式可以将 VaR 进行分解，分解的每一个成分与其内含交易相对应，成分 VaR 的总和等于最初的 VaR，对于一个较大的交易组合，如果每一个成分相对较小，那么每个成分 VaR 与递增 VaR 近似相等。

回顾测试是 VaR 系统的一个重要组成部分，是为了检验 VaR 模型在过去一段时间的表现，在检验 VaR 模型时，有两种不同的方式会展示 VaR 模型的弱点，第 1 种方式是检测例外发生的次数，这里的例外是指真正的损失超出 VaR 的情形；另外一种方式是检验例外发生的聚束效应。基于例外发生的比率或聚束性态的程度，我们可以利用统计模型来判别是否应接受或拒绝某个 VaR 模型。监管机构对银行计算市场风险资本金时，设定了 VaR 乘积因子的规则，当发现银行的 VaR 在过去的 250 天回顾测试中表现欠佳，监管机构有权增加乘积因子的数量。

推荐阅读

Artzner P., F. Delbaen, J.-M. Eber, and D. Heath, "Coherent Measures of Risk," *Mathematical Finance*, 9(1999):203-228.

Basak, S., and A. Shapiro, "Value-at-Risk-Based Risk Management: Optimal Policies and Asset Prices," *Review of Financial Studies*, 14, 2 (2001):371-405.

Beder, T., "VaR: Seductive but Dangerous," *Financial Analysts Journal*, 51, 5(1995):12-24.

Boudoukh, J., M. Richardson, and R. Whitelaw, "The Best of Both Worlds," *Risk*, May 1998:64-67.

Dowd, K., *Measuring Market Risk*, 2nd edn. New York: Wiley, 2005.

Duffie, D., and J. Pan, "An Overview of Value at Risk." *Journal of Derivatives*, 4, 3(Spring 1997): 7-49.

Hopper, G., "Value at Risk: A New Methodology for Measuring Portfolio Risk," *Business Review*, Federal Reserve Bank of Philadelphia, July-August 1996:19-29.

Hua P., and P. Wilmott, "Crash Courses," *Risk*, June 1997:64-67.

Jackson, P., D.-J. Maude, and W. Perraudin, "Bank Capital and Value at Risk," *Journal of Derivatives*, 4, 3(Spring 1997): 73-90.

Jorion, P., *Value at Risk*, 2nd edn. McGraw-Hill, 2001.

Longin, F. M., "Beyond the VaR," *Journal of Derivatives*, 8, 4(Summer 2001): 36-48.

Marshall, C., and M. Siegel, "Value at Risk: Implementing a Risk Measurement Standard," *Journal of Derivatives*, 4, 3(Spring 1997): 91-111.

练习题

8.1 VaR 与预期亏损的区别是什么？同 VaR 比较，预期亏损在理论上的长处是什么？

8.2 什么是光谱型风险度量？一个光谱型风险度量必须满足什么样的条件才可以使得 8.3 节中的次可加性条件成立？

8.3 某基金经理的公告阐明，其管理基金 1 个月展望期的 95% VaR 等于资产组合价值的 6%，你在基金中有 10 万美元投资，你将如何理解基金经理的公告。

8.4 某基金经理的公告阐明，其管理基金 1 个月展望期的 95% 预期亏损等于资产组合价值的6%，你在基金中有10 万美元投资，你将如何理解基金经理的公告。

8.5 假设某两项投资中的任何一项都有 0.9% 的可能触发损失 1 000 万美元，有 99.1% 的可能触发损失 100 万美元，并且有正收益的概率均为 0，这两项投资相互独立。(a) 对应于在 99% 的置信水平下，任意一项投资的 VaR 是多少？(b) 选定 99% 的置信水平，任意一项投资的预期亏损是多少？(c) 将两项投资迭加在一起所产生的投资组合对应于 99% 的置信水平的 VaR 是多少？(d) 将两项投资迭加在一起所产生的投资组合在 99% 的置信水平下的预期亏损是多少？(e) 请说明此例的 VaR 不满足次可加性条件，但是预期亏损满足次可加性条件。

8.6 假定某交易组合每天的价值变化服从正态分布，分布的期望值为 0，标准差为 200 万美元。(a) 一天展望期的 97.5% VaR 为多少？(b) 5 天展望期的 97.5% 为多少？(c) 5 天展望期的 99% VaR 为多少？

8.7 如果每天价值变化一阶自相关系数等于 0.16，对于练习题 8.6 中 (b) 和 (c) 的答案应进行什么样的修改？

8.8 如果某交易组合由若干资产组成，请仔细解释边际 VaR、递增 VaR 以及成分 VaR 之间的不同。

8.9 假定我们采用 1 000 个历史数据来对 VaR 模型进行回顾测试，VaR 所采用的置信水平为 99%，在观察日中我们共发现了 17 个例外，选用 5% 的置信水平，我们是否应该拒绝模型？在测试中请采用单向检验。

8.10 请解释聚束效应的含义？

8.11 请证明式 (8-3)。

作业题

8.12 假定某两项投资的任何一项都有 4% 的概率触发损失 1 000 万美元，有 2% 的概率触发损失100 万美元，并且有 94% 的概率盈利 100 万美元，两项投资相互独立。(a) 对应于 95% 的置信水平，任意一项投资的 VaR 是多少？(b) 选定 95% 的置信水平，任意一项投资的预期亏损是多少？(c) 将两项投资迭加在一起所产生的投资组合对应于 95% 置信水平的 VaR 是多少？(d) 将两项投资迭加在一起所产生的投资组合对应于 95% 置信水平的预期亏损是多少？(e) 请说明此例的 VaR 不满足次可加性条件，但是预期亏损满足次可加性条件。

8.13 假定一个交易组合的每天价格变化的一阶自相关系数为 0.12，由一天 VaR 乘以 $\sqrt{10}$ 而产生的 10 天的 VaR 为 200 万美元，将自相关考虑在内时，VaR 的最佳估计为多少？

8.14 假设我们采用 1 000 天数据来对 VaR 进行回顾测试，VaR 所采用的置信水平为 99%，在 1 000 天数据中我们观察到 15 个例外，在 5% 置信水平下我们是否应该拒绝 VaR 模型，在回顾测试中请采用 Kupiec 双向检验。

CHAPTER

第9章

波　动　率

对决定组合价值的市场变量（利率、汇率、股票价格、商品价格）的波动率进行检测，这一点对于金融机构来讲非常重要。本章将讨论对波动率进行监测的流程。

本章开始我们首先定义波动率，随后解释如何从期权价格中求取波动率或以历史数据来估计波动率。在对波动率进行监测的过程中，一个较为流行的假设是将市场变量的变化假定为服从正态分布，我们将对这一假设进行检验，随后会展示另一种方法，即幂律（power law）分布法。在这之后我们将考虑一些著名的估计波动率的方法。例如，指数加权移动平均（exponentially weighted moving average，EWMA）、自回归条件异方差（auto-regressive conditional heteroscedasticity，ARCH）以及广义自回归异方差（generalized auto-regressive conditional heteroscedasticity，GARCH）等。这些方法的一个显著特点是波动率不为常数，在某些时间段内波动率变化可能很小，而在其他时间段内变化可能很大，这些方法试图跟踪波动率随时间的变化。

9.1 波动率的定义

某个变量的波动率 σ 定义为这一变量在单位时间内连续复利收益率的标准差（见附录A关于复利的讨论）。当波动率用于期权定价时，时间单位通常定义为一年，因此波动率就是一年的连续复利收益率的标准差；但当波动率被用于风险控制时，时间单位通常是一天，此时的波动率对应于每天的连续复利收益率的标准差。

一般来讲，$\sigma\sqrt{T}$等于变量 $\ln(S_T/S_0)$ 的标准差，这里的 S_T 为市场变量在时间 T 的价格，S_0 是此市场变量的当前价格，表达式 $\ln(S_T/S_0)$ 等于变量在时间 T 的连续复利收益率（这里的收益并不对应于单位时间收益）。当 σ 对应于每天的波动率，T 就应该以天来计量；当 σ 对应于每年的波动率，T 就应以年来计量。

当 T 很小时，连续复利收益率与变量百分比变化（percentage change）非常接近，因此，当 T

很小时，$\sigma\sqrt{T}$与简单变化的标准差近似相等。例如，一股票价格为 50 美元，其波动率为每年 30%，对应于每周的价格百分比变化的标准差近似为

$$30\% \times \sqrt{1/52} = 4.16\%$$

因此，股票价格周变化的标准差为 50×0.041 6，即 2.08 美元。

当所考虑的时间展望期较为短暂时，以标准差计量的将来股票价格的不定性与我们展望期限的平方根成正比（至少为近似）。例如，股票价格 4 周变化的标准差近似等于每周变化的标准差的两倍，这一结论也就是著名的定律“不定性随时间的平方根成正比”。

9.1.1 方差变化率

风险管理人常常关心方差而不是波动率，方差被定义为波动率的平方。年方差对应于变量在一年内连续复利变化的方差，在时间 T 的变化的标准差与时间的开方成正比，而方差与时间成正比，严格来讲，我们应该说方差是对应于每天的变化，而波动率对应于“每天的平方根”（per square root of day）的变化。

9.1.2 交易天数与日历天数

在计算波动率时，会产生以下问题，我们应该采用日历天数还是交易天数？如业界事例 9-1 所示，研究人员已经证明在交易所开盘交易时的波动率比交易所关闭时的波动率要大很多，因此当由历史数据估计波动率时，分析员常常忽略交易所关闭的天数，在计算时通常假定每年有 252 个交易日。

业界事例 9-1

什么因素触发了波动率

有一种关于波动率的自然假设，即波动率是由刚刚到达市场的信息所引起。这些信息促使投资人改变对股票价格的观点，股票价格变化也促成了波动率的变化，但是这种有关波动率变化的根源的观点没有得到研究结果的验证，应用连续几年每天的股票数据，研究人员可以计算：

- 在中间不包含非交易日时，一个交易日结束时至下一个交易日结束时股票价格收益率的方差。
- 在周五结束时与下周一结束时股票价格收益率的方差。

第 2 项方差为 3 天收益率的方差。第 1 项方差对应于一天。我们也许很自然地认为第 2 项方差为第 1 项方差的 3 倍。Fama(1965)、French(1980)以及 French 和 Roll(1980) 证明事实并非如此。三项研究结果分别证明第 2 项方差只比第 1 项方差高 22%、19% 以及 10.7%。

这时，你也许会说这些结果的起因是由于在交易开盘时有更多信息，但是 Roll（1984）的研究结果并不支持这一观点，Roll 检测了橙子期货的价格。对于橙子期货价格而言，最重要的决定因素是气候，而有关气候的信息对于任何时间都有同样的到达频率，当 Roll 做了一个类似我们刚刚描述的有关股票的分析后，他发现第 2 项（周五至下周一）方差只是第 1 项的 1.54 倍。

唯一合理的结论就是波动率在某种程度上是由交易本身造成的（当然交易员没有任何意见接受这一结论）。

假设 σ_{year}为某一资产的年波动率，σ_{day}为相应的每天波动率，连续复利收益率的标准差分别为 σ_{year}和 $\sigma_{day}\sqrt{252}$，即

$$\sigma_{\text{year}} = \sigma_{\text{day}} \sqrt{252}$$

或

$$\sigma_{\text{day}} = \frac{\sigma_{\text{year}}}{\sqrt{252}}$$

以上关系式说明，每天波动率大约为年波动率的6%。

9.2 隐含波动率

本书附录E中显示，期权公式中唯一不能直接观察到的一个参数就是股票价格的波动率，隐含波动率是交易员从期权价格隐含反推计算出的波动率。

为了解释如何计算隐含波动率，我们假设某股票价格为21美元，期权行使价格为20美元，无风险利率为10%，期权期限为3个月，期权类型为欧式看涨期权，基础资产不支付任何股息，期权的市场价值为1.875美元，隐含波动率是对应于期权价格为1.875时，Black-Scholes公式中σ的取值。不幸的是，我们不能直接反解Black-Schoes公式并将波动率表示为期权价格以及其他变量的函数，但是我们可以用迭代法来求解隐含波动率。例如，开始时令$\sigma=0.20$，对应这一波动率，期权价格为1.76美元，这一价格比市价1.875美元要小；由于期权价格为σ的递增函数，令$\sigma=0.30$，对应的期权价格为2.10美元，此值高于市价，这意味着σ一定介于0.2~0.3；接下来，令$\sigma=0.25$，此值对应期权价格也偏高，所以σ应该在0.20~0.25之间，这样继续下去，每次迭代我们可以使得σ所在的区间减半，由此可以计算出满足任意精度的σ的近似值[⊖]。在本例中，隐含波动率$\sigma=0.235$，即每年23.5%。与二叉树（binomial tree）相结合，我们可以用类似的方法来计算美式期权的隐含波动率（关于美式期权的讨论，见附录F）。

隐含波动率被广泛应用于交易之中，但是在风险管理领域，基于历史数据的波动率更为流行，以下内容是关于如何用历史数据来估算波动率。

VIX指数

芝加哥期权交易所发表隐含期权指数。最流行的指数是SPX VIX，这是由S&P 500，一个范围较广的30天看涨期权和看跌期权计算的[⊜]。在VIX上的期货交易是从2004年开始的，而在VIX上的期权交易是从2006年开始的。涉及S&P 500的期货或期权是在将来的S&P 500水平以及S&P 500波动率两方面下注，与此相反，VIX上的期货或期权只是在波动率上下注。一份合约等于1 000乘以指数。图9-1显示了2004年与2008年之间的VIX指数。从图上我们可以看到，VIX指数在2008年最后几个月非常高，这反映了雷曼兄弟破产后市场的不定性。

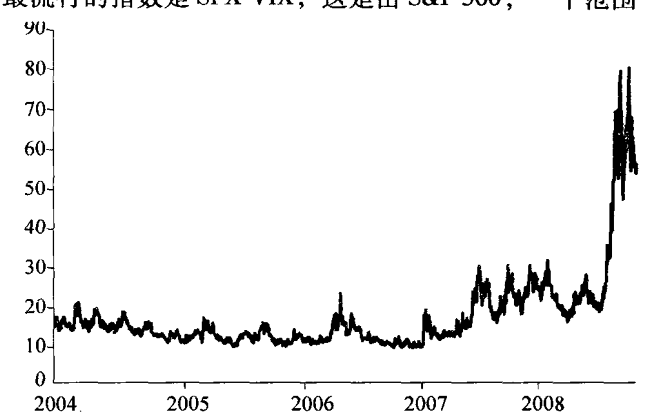


图9-1 2004年1月到2008年12月的VIX指数

⊖ 这一方法只是为了说明问题，在实践中业界往往采用其他更快的算法来计算隐含波动率。

⊜ 与其类似，VXN是NASDAQ100指数的波动率指数，VXD是道琼斯工业指数的波动率指数。

例 9-1

假设一个交易员买了一份 VIX 的 4 月份的期权合约，当时的期货价格是 18.5（相当于 30 天 S&P 500 波动率为 18.5%），并当期货价格为 19.3（相当于 30 天 S&P 500 波动率为 19.3%）时平仓。交易员的盈利为 800 美元。

9.3 采用历史数据来估算波动率

根据历史数据估算变量的波动率时，观察时间的间隔通常为某一固定时间区间（如 1 天、1 周或 1 个月）。定义

$n+1$：观测次数

S_i：第 i 个时间段结束时变量的价格，$i=0, 1, \cdots, n$

τ：单位时间间隔的长度

令第 i 个区间的回报为

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

式中，$i=1, 2, \cdots, n$。

u_i 的标准差的通常估计式 s 为

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(u_i - \bar{u})^2}$$

或

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}u_i^2 - \frac{1}{n(n-1)}\left(\sum_{i=1}^{n}u_i\right)^2}$$

式中，$\bar{u}$ 为 u_i 的均值。

如 9.1 节显示，u_i 的标准差为 $\sigma\sqrt{\tau}$，其中 σ 为变量的波动率。因此变量 s 是 $\sigma\sqrt{\tau}$ 的估计值，σ 近似为 $\hat{\sigma}$，其中

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\tau}}$$

以上估计式的标准差为 $\hat{\sigma}/\sqrt{2n}$。当 τ 以年为计量单位时，计算出的波动率对应于年变化率；当 τ 以天为计量单位时，计算出的波动率对应于日变化率。

例 9-2

表 9-1 给出了 21 个连续交易日的股票价格序列。此时

$$\sum u_i = 0.095\,31, \quad \sum u_i^2 = 0.003\,26$$

日收益率标准差的估计值为

$$\sqrt{\frac{0.003\,26}{19} - \frac{0.095\,31^2}{380}} = 0.012\,16$$

即 1.216%，计算每天波动率，我们令 $\tau=1$，波动率为 1.216%；计算年波动率，我们令 $\tau=1/252$，以上数据给出的年波动率的估计值为 $0.012\,16 \times \sqrt{252} = 0.193$，即 19.3%。每天波动率的标准差为

$$\frac{0.012\,16}{\sqrt{2\times 20}} = 0.001\,9$$

或每天 0.19%。波动率的年标准差为

$$\frac{0.193}{\sqrt{2\times 20}} = 0.031$$

即每年 3.1%。

表 9-1 波动率的计算

天数	股票闭市价	价格比 S_i/S_{i-1}	每天回报 $u_i=\ln(S_i/S_{i-1})$	天数	股票闭市价	价格比 S_i/S_{i-1}	每天回报 $u_i=\ln(S_i/S_{i-1})$
0	20.00			11	21.00	1.012 05	0.011 98
1	20.10	1.005 00	0.004 99	12	21.10	1.004 76	0.004 75
2	19.90	0.990 05	-0.010 00	13	20.90	0.990 52	-0.009 52
3	20.00	1.005 03	0.005 01	14	20.90	1.000 00	0.000 00
4	20.50	1.025 00	0.024 69	15	21.25	1.016 75	0.016 61
5	20.25	0.987 80	-0.012 27	16	21.40	1.007 06	0.007 03
6	20.90	1.032 10	0.031 59	17	21.40	1.000 00	0.000 00
7	20.90	1.000 00	0.000 00	18	21.25	0.992 99	-0.007 03
8	20.90	1.000 00	0.000 00	19	21.75	1.023 53	0.023 26
9	20.75	0.992 82	-0.007 20	20	22.00	1.011 49	0.011 43
10	20.75	1.000 00	0.000 00				

9.4 金融变量的每日变化量是否服从正态分布

在 Black-Scholes 模型及推广形式中（见附录 E），资产价格被假定为连续变化，波动率被假定为常数，这意味着在任意短时间 Δt 区间内，收益率服从正态分布并且标准差为 $\sigma\sqrt{\Delta t}$。假定某汇率的波动率估测值为每年 12%，每天波动率为 $12\%/\sqrt{252}$，即 0.756%。对于正态分布，我们可以在本书附表中查出此汇率变化大于 1 个方差（即大于 0.756%）的概率值为 31.73%；大于 2 个方差（即大于 1.512%）的概率为 4.55%；变化大于 3 个方差（即大于 2.268%）的概率为 0.27%；等等。

在实践中，汇率及其他市场变量所服从的分布的尾部比正态分布的尾部要肥大。在表 9-2 中，我们通过检验 10 年的 12 种不同汇率的日收益率来说明这一点[⊖]，产生表 9-2 的第 1 步是计算每一个汇率的价格百分比变化的标准差，第 2 步是计算有多少百分比变化超出 1 个标准差、2 个标准差等，然后将这些数字同正态分布上的相应数字进行比较。

表 9-2 价格百分比变化大于 1，2，…，6 个标准差的天数占全部观察日的比例

（SD = 价格比率变化的标准差）

标准差的倍数	现实世界（%）	正态模型（%）	标准差的倍数	现实世界（%）	正态模型（%）
>1SD	25.04	31.73	>4SD	0.29	0.01
>2SD	5.27	4.55	>5SD	0.08	0.00
>3SD	1.34	0.27	>6SD	0.03	0.00

每天价格百分比的变化超过 3 个标准差的个数占所有观察数据的比例为 1.34%，而正态分布所对应的比例只有 0.27%。每天价格百分比变化超出 4 个、5 个以及 6 个标准差的天数占整个观察日的比例分别为 0.29%，0.08% 以及 0.03%，而正态分布认为这些事件几乎不可能发生。表 9-2 提供了（汇率收益）肥尾性态存在的证据。假如你在 1985 年做了这一分析，业界事例 9-2 指出在那时可以采用什么方式来盈利。

⊖ 请参考 J. C. Hull and A. White, "Value at Risk When Daily Changes in Market Variables Are Not Normally Distributed." *Journal of Derivatives*, 5, No. 3 (Spring 1998): 9-19。

业界事例 9-2

如何从外汇期权中盈利

假如大多数市场参与者认为汇率服从对数正态分布，并习惯于用一个波动率来对所有关于某一个汇率的期权定价。我们刚刚进行了表 9-2 中的分析，因此已获知对数正态分布并不是一个好的关于汇率的假设，那么应该怎么做才能从这些结论中来盈利呢？

对这一问题的回答是，应该买入一个深度虚值（deep-out-of-the-money）看涨及看跌期权，然后接下来就是等待。这些期权相对来讲比较便宜，并且成为实值期权的比率要比对数正态分布模型预测的多一些，期权的平均收益要比期权费用多得多。

在 20 世纪 80 年代中期，有一些交易员认识到汇率分布中的“肥尾性态”，而其他交易员仍然认为 Black-Scholes 模型中的对数正态分布合理，对汇率分布有正确认识的交易员采用了我们描述的策略并且获得了巨大盈利。到了 80 年代后期，几乎所有的人都认识到虚值期权所对应的隐含波动率要高，这时套利机会已经消失了。

图 9-2 是一个典型的肥尾分布（如汇率分布）与一个具有同样期望值及标准差的正态分布[⊖]。肥尾分布比正态分布峰值要高，在图中我们可以分辨出在 3 个部分这两个分布的不同之处。这 3 个部分分别是：中间部分、尾部以及介于中间及尾部的过渡部分。从正态分布转移到肥尾分布时，概率的成分向中间及两尾部移动。我们在考虑市场变量价格百分比变化时，肥尾分布所对应的极大及极小变化数量事件比在正态分布中相应数量要多，而相应过渡部分事件数量会少。

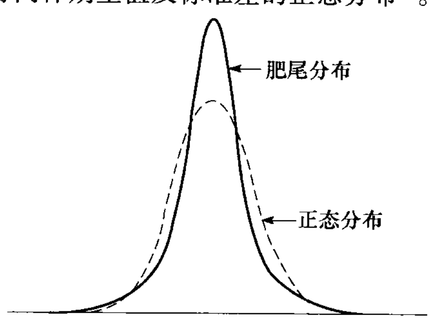


图 9-2 正态分布与某肥尾分布比较

正态分布的代替：幂律

幂律（power law）指出，实践中的许多变量，例如变量 v，当变量 x 很大时，以下关系式近似成立

$$\text{Prob}(v > x) = Kx^{-\alpha} \tag{9-1}$$

式中，K 及 α 为常数。式（9-1）已经被证明在许多情形下近似成立，这里的变量可能是指个人收入、城市的大小或者网页被点击的次数等。

例 9-3

假定基于经验，对于某个特殊变量，$\alpha = 3$，我们观察到 $v > 10$ 的概率为 0.05，由式（9-1）得出，

$$0.05 = K \times 10^{-3}$$

因此 $K = 50$，我们可以估计 $v > 20$ 的概率为

$$50 \times 20^{-3} = 0.006\,25$$

$v > 30$ 的概率为

$$50 \times 30^{-3} = 0.001\,9$$

等等。

由式（9-1），可以得出

$$\ln[\text{Prob}(v > x)] = \ln K - \alpha \ln x$$

⊖ 峭度（kurtosis）检验分布尾部的大小。一个肥尾（leptokurtic）分布比正态分布尾部要肥大，一个轻尾（platykurtic）分布比正态分布尾部要瘦小，一个同尾（mesokurtic）分布同正态分布尾部大小相等。

我们因此可以画出 $\ln[\text{Prob}(v>x)]$ 与 $\ln x$ 的关系曲线来快速检验等式的正确性。为了将这一过程应用于表9-2中的数据，我们将 x 定义为汇率在一天的增量的标准差，我们假定表9-2所示的概率是由观察得出，观察值均匀分布于正负汇率变化之间，例如，假如总共有0.08%的概率汇率绝对变化超出5个标准差，这个概率中有一半（即0.04%）是由于汇率每天变化大于+5倍的标准差，另外一半（也为0.04%）是由于汇率每天变化小于-5倍的标准差。

表9-3 由表9-2所得出的数值

x	$\ln x$	$\text{Prob}(v>x)$	$\ln[\text{Prob}(v>x)]$	x	$\ln x$	$\text{Prob}(v>x)$	$\ln[\text{Prob}(v>x)]$
1	0.000	0.125 20	-2.078	4	1.386	0.001 45	-6.536
2	0.693	0.026 35	-3.636	5	1.609	0.000 40	-7.824
3	1.099	0.006 70	-5.006	6	1.792	0.000 15	-8.805

$\ln x$ 和 $\ln[\text{Prob}(v>x)]$ 的价值在表9-3中进行了计算，图9-3显示了表9-3的数据。当 $x>3$ 时，汇率增长大于 x 个标准差的概率的对数近似和 $\ln x$ 呈线性关系，这说明了幂律的正确性。利用 $x=3$，4，5，6的数据，利用回归得出最佳匹配曲线为

$$\ln[\text{Prob}(v>x)] = 1.06 - 5.51x$$

参数 K 和参数 α 的估计为：$K=e^{1.06}=2.88$，以及 $\alpha=5.51$。一个大于4.5倍标准差的增量的概率为

$$2.88\times 4.5^{-5.51} = 0.000\,73$$

这意味着变化（可正可负）大于4.5倍标准差的概率为 $2\times 0.000\,73=0.001\,46$，变化大于7倍标准差的概率为

$$2.88\times 7^{-5.51} = 0.000\,064\,2$$

这意味着变化（可正可负）大于7倍标准差的概率为 $2\times 0.000\,064\,2=0.000\,128$。

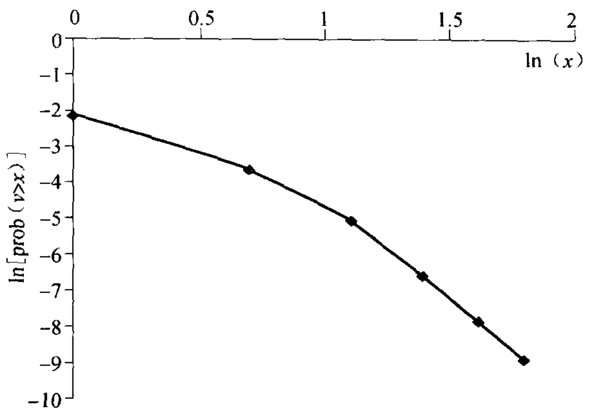


图9-3 对应于汇率增量的log-log图

注：x 为标准方差；v 为汇率的增量。

当在第12章讨论极值理论时，我们将较为正规地讨论幂律以及给出更好的参数估计方式，在第18章中，我们将讨论如何将幂律用于对操作风险进行检测。

9.5 监测日波动率

风险管理人员不能只假定资产价格总是正常波动并且波动率永远为常数，因此，每天监测资产价格的波动率对于风险管理至为重要。

定义 σ_n 为第 $n-1$ 天所估计的市场变量在第 n 天的波动率，对应的方差为 σ_n^2。假定市场变量在 i 天末的价格为 S_i。像在9.3节里那样，我们定义 u_i 为第 i 天的连续复利收益率（第 $i-1$ 天末至第 i 天末的收益），

$$u_i = \ln\frac{S_i}{S_{i-1}}$$

一种估计 σ_n 的方法是令其等于像9.3节由历史数据所计算的波动率，利用有关 u_i 的 m 天观察数据，我们得出

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m-1}\sum_{i=1}^{m}\left(u_{n-i}-\bar{u}\right)^2 \tag{9-2}$$

式中，$\bar{u}$ 为 u_i 的平均值

$$\bar{u} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} u_{n-i}$$

式（9-2）的以下几种变形可以用于风险管理过程：

- u_i 被定义为市场变量在第 $i-1$ 天末至第 i 天末的价格百分比变化

$$u_i = \frac{S_i - S_{i-1}}{S_{i-1}} \tag{9-3}$$

这种计算方式与前面计算 u_i 的方式差别不大。

- $\bar{u}$被假设为零，这种假设的前提是每一天市场变化期望值远远小于市场变化的标准差。
- $m-1$ 被 m 代替，这种做法将我们的波动率从无偏差估计转换为最大似然估计（见 9.9 节）。

以上变形会使得方差公式简化为

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} u_{n-i}^2 \tag{9-4}$$

式中，u_i 由式（9-3）给出。

加权权重的格式

式（9-4）给出了对应 u_{n-1}^2，u_{n-2}^2，…，u_{n-m}^2所有项的权重，我们的目标是估计当前波动率 σ_n 的水平，因此将权重应用在最新数据就很有意义，这样做的一种模型为

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^{m} \alpha_i u_{n-i}^2 \tag{9-5}$$

变量 α_i 为第 i 天以前的观察值所对应的权重，α 变量为正。当选择这些变量时需要保证在 $i>j$ 时，$\alpha_i<\alpha_j$，也就是我们将更少的权重施予更陈旧的数据上，权重之和必须为 1，即

$$\sum_{i=1}^{m} \alpha_i = 1$$

对于式（9-5）可以做一推广。假定对应于权重选择，存在某一长期平均方差，这种推广对应于以下模型

$$\sigma_n^2 = \gamma V_L + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i u_{n-i}^2 \tag{9-6}$$

式中，V_L 为长期平均方差，γ 为 V_L 所对应的权重，因为权重之和仍为 1，我们有

$$\gamma + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i = 1$$

此模型被称为 ARCH(m) 模型。这一模型最先由 Engle 提出[⊖]。在这一模型中，方差的估计值与长期平均方差以及 m 个观察值有关，观察数据越陈旧所对应的权重会越小。令 $\omega=\gamma V_L$，我们可以将式（9-6）写为

$$\sigma_n^2 = \omega + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i u_{n-i}^2 \tag{9-7}$$

在接下的两节我们将讨论两种测算波动率的重要方法，这两种方法均采用了式（9-5）及式（9-6）中的想法。

⊖ 请参考 R. Engle, "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation," *Econometrica*, 50（1982）, 987-1008. Robert Engle 因对 ARCH 模型的贡献而获得 2003 年度诺贝尔经济学奖。

9.6 指数加权移动平均模型

指数加权移动平均模型（EWMA）是式（9-5）的一个特殊形式，其权重 α_i 随着回望时间加长而按指数速度递减。这一模型的特殊形式为 $\alpha_{i+1}=\lambda\alpha_i$，其中 λ 是介于 0 ~ 1 的某一常数。在以上特殊假设下，更新波动率的简单公式为

$$\sigma_n^2=\lambda\sigma_{n-1}^2+(1-\lambda)u_{n-1}^2 \tag{9-8}$$

第 n 天波动率 σ_n（在第 $n-1$ 天估算）由第 $n-1$ 天波动率 σ_{n-1}（在第 $n-2$ 天估算）及最近一天变化率 u_{n-1} 的数据来决定。

为了说明式（9-8）的权重以指数速度下降，我们将式（9-8）所算出的 σ_{n-1}^2 代入式（9-8）之中

$$\sigma_n^2=\lambda[\lambda\sigma_{n-2}^2+(1-\lambda)u_{n-2}^2]+(1-\lambda)u_{n-1}^2$$

即

$$\sigma_n^2=(1-\lambda)(u_{n-1}^2+\lambda u_{n-2}^2)+\lambda^2\sigma_{n-2}^2$$

代入 σ_{n-2}^2 项，我们进一步得出

$$\sigma_n^2=(1-\lambda)(u_{n-1}^2+\lambda u_{n-2}^2+\lambda^2u_{n-3}^2)+\lambda^3\sigma_{n-3}^2$$

重复计算，我们得出

$$\sigma_n^2=(1-\lambda)\sum_{i=1}^{m}\lambda^{i-1}u_{n-i}^2+\lambda^m\sigma_{n-m}^2$$

当 m 很大时，$\lambda^m\sigma_{n-m}^2$ 项小得可以忽略，所以当 $\alpha_i=(1-\lambda)\lambda^{i-1}$ 时，式（9-8）与式（9-5）等价，对应于 u 的权重以 λ 速度递减，每一项的权重是前一项权重与 λ 的乘积。

例 9-4

假如 λ 为 0.90，对应于第 $n-1$ 天由市场变量所估测的波动率为每天 1%。在第 $n-1$ 天，市场变量增加了 2%，这意味着 $\sigma_{n-1}^2=0.01^2=0.000\,1$ 以及 $u_{n-1}^2=0.02^2=0.0004$，由式（9-8），我们得出

$$\sigma_n^2=0.9\times0.000\,1+0.1\times0.000\,4=0.000\,13$$

因此，第 n 天波动率 σ_n 的估计为 $\sqrt{0.000\,13}$，即每天 1.14%。注意 u_{n-1}^2 的期望值为 σ_{n-1}^2，也就是 0.000 1，这一例子中的 u_{n-1}^2 所对应的实际值比期望值要大，因此我们对于波动率的估计值会逐渐增加；当 u_{n-1}^2 的实际数值小于期望值时，我们对于波动率的估计值会逐渐减小。

EWMA 方法的诱人之处是这一方法需要相对较少的数据。对于任一时刻，我们只需要记忆对当前波动率的估计以及市场变量的最新观察值。当得到市场变量的最新观察值后，我们可以计算每天价格变化的比例，进而采用式（9-8）可以更新方差估计。这时旧方差估计以及老的市场变量可以舍弃。

EWMA 方法的出发点是对波动率进行跟踪监测，假定市场在 $n-1$ 天有一较大的变化，因此 u_{n-1}^2 也相大，由式（9-8）可以看出，这时对当前变化率的估计会有所增加。数值 λ 决定了每天波动率估计对于最新市场价格百分比变化的反应速度，在计算 σ_n 时，对应于 u_{n-1}^2 项，一个较低的 λ 会对应一个较大的权重，在这一情况下，每天连续估算的波动率也会很大；一个较大的 λ（接近于 1）会促成一个较小的权重，这时波动率估计对应于新的变化率的反映也会较为迟钝。

由 J. P. 摩根（J. P. Morgan）最先引入的，在 1994 年发表的 RiskMetric 数据中采用 $\lambda=0.94$ 来

更新每天波动率估计。摩根发现对应于许多市场变量，这一选定的 λ 所对应的方差预测与实际方差非常接近[㊀]。

9.7 GARCH(1, 1) 模型

我们现在讨论由 Bollerslev 在 1986 年提出的 GARCH(1, 1) 模型[㊁]，GARCH(1, 1) 模型与 EWMA 模型的不同就好比式（9-5）与式（9-6）的不同。在 GARCH(1, 1) 中，σ_n^2 是由长期平均方差 V_L、u_{n-1} 及 σ_{n-1} 计算得出，GARCH(1, 1) 表达式为

$$\sigma_n^2 = \gamma V_L + \alpha u_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2 \tag{9-9}$$

式中，γ 为对应于 V_L 的权重；α 为对应于 u_{n-1}^2 的权重；β 为对应于 σ_{n-1}^2 的权重。因为权重之和为 1，我们有

$$\gamma + \alpha + \beta = 1$$

EWMA 模型是 GARCH(1, 1) 模型对应于 $\gamma = 0$，$\alpha = 1 - \lambda$ 及 $\beta = \lambda$ 的特例。

GARCH(1, 1) 模型的（1, 1）代表 σ_n^2 是由最近的 u^2 的观察值以及最新的方差而估算所得。在广义的模型 GARCH（p, q）中的 σ_n^2 是由最近的 p 个 u^2 的观察值及 q 个最新的有关方差的估计而计算所得[㊂]。

令 $\omega = \gamma V_L$，我们可以将 GARCH(1, 1) 模型写成

$$\sigma_n^2 = \omega + \alpha u_{n-1}^2 + \beta \sigma_{n-1}^2 \tag{9-10}$$

这种模型的表达形式是为了估计参数，当 ω，α 及 β 被估算出后，我们可由 $\gamma = 1 - \alpha - \beta$ 来计算 γ，长期平均方差 $V_L = \omega/\gamma$。为了保证 GARCH(1, 1) 模型的稳定，我们要求 $\alpha + \beta < 1$，否则对应于长期平均方差的权重会为负值。

例 9-5

假设某一由每天观测数据估算出的 GARCH(1, 1) 模型为

$$\sigma_n^2 = 0.000\,002 + 0.13 u_{n-1}^2 + 0.86 \sigma_{n-1}^2$$

这对应于 $\alpha = 0.13$，$\beta = 0.86$ 以及 $\omega = 0.000\,002$。因为 $\gamma = 1 - \alpha - \beta = 0.01$，我们得出 $\omega = \gamma V_L$，换句话讲，由模型隐含的每天长期平均方差为 0.000 2，对应的波动率为 $\sqrt{0.000\,2} = 0.014$，即每天 1.4%。

假设对应于 $n-1$ 天的日波动率估算值为 1.6%，因此 $\sigma_{n-1}^2 = 0.016^2 = 0.000\,256$，又假设 $n-1$ 天市场价格降低 1%，即 $u_{n-1}^2 = 0.01^2 = 0.0001$，因此

$$\sigma_n^2 = 0.000\,002 + 0.13 \times 0.000\,1 + 0.86 \times 0.000\,256 = 0.000\,235\,16$$

对于波动率的最新估计为 $\sqrt{0.000\,235\,16} = 0.015\,3$，即每天 1.53%。

㊀ 请参考 J. P. Morgan, *RiskMetrics Monitor*, Fourth Quarter, 1995。在这一章我们采用另一方法（极大似然估计）来估计参数。

㊁ 请参考 T. Bollerslev. "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity," *Journal of Econometrics*, 31 (1986), 307－327。

㊂ 有人已经提出有关公司非对称信息的模型，在这些模型设计中 σ_n 与 u_{n-1} 的符号有关。可以有根据地讲，对应于股票价格，这一模型比 GARCH(1, 1) 更合适，这是因为股票的波动率常常与价格有反向关系，因此一个符号为负的 u_{n-1} 比一个符号为正的 u_{n-1} 对于 σ_n 的影响更大。关于处理非对称信息的模型，读者可参考 D. Nelson, "Conditional Heteroscedasticity and Asset Returns; A New Approach," *Econometrica*, 59 (1990), 347-370 and R. F. Engle and V. Ng, "Measuring and Testing the Impact of News on Volatility," *Journal of Finance*, 48 (1993), 1749－1778。

权重

将σ_{n-1}^2代入式（9-10），我们可得

$$\sigma_n^2 = \omega + \alpha u_{n-1}^2 + \beta\left(\omega + \alpha u_{n-2}^2 + \beta\sigma_{n-2}^2\right)$$

即

$$\sigma_n^2 = \omega + \beta\omega + \alpha u_{n-1}^2 + \alpha\beta u_{n-2}^2 + \beta^2\sigma_{n-2}^2$$

代入σ_{n-2}^2，我们得到

$$\sigma_n^2 = \omega + \beta\omega + \beta^2\omega + \alpha u_{n-1}^2 + \alpha\beta u_{n-2}^2 + \alpha\beta^2 u_{n-3}^2 + \beta^3\sigma_{n-3}^2$$

以这种形式继续下去，我们可以看到对应于u_{n-i}^2的权重为$\alpha\beta^{i-1}$，权重以β指数速度下降，参数β可被解释为衰减速度（decay rate），这与EWMA模型中的λ系数近似，在决定最新方差时，此系数决定了不同u_i的重要性。例如，如果$\beta=0.9$说明u_{n-2}^2重要性只是u_{n-1}^2的90%；u_{n-3}^2重要性只是u_{n-1}^2的81%，等等。GARCH(1，1）与EWMA模型类似，其不同之处是除了对过去的u^2赋予以指数下降权重的同时，对于长期平均浮动率也施加了某种权重。

9.8 模型选择

在实践中，方差值常常会被拉到长期平均值水平，这种现象被称为均值回归（mean reversion）。GARCH(1，1）模型有均值回归的特性，而EWMA没有均值回归的特性，从理论上讲，GARCH(1，1）比EWMA更有诱人之处。

在下一节，我们将讨论如何估计GARCH(1，1）中ω，α，β等最佳匹配（best fit）参数。当参数ω为零时，GARCH(1，1）退化为EWMA，在某些场合，最佳匹配参数ω为负，对应的GARCH(1，1）模型不稳定，此时采用EWMA模型更为合理。

9.9 最大似然估计法

现在是个很好的时机讨论如何应用历史数据来估计我们以上所讨论模型的参数，这里将要讨论的方法被称为最大似然估计法，在参数估算过程中这一方法会涉及选择合适的参数以使得数据发生的几率（likelihood）达到最大。

为了解释这个方法，我们引用一个简单例子。随机抽取某一天10只股票的价格，我们发现其中一只股票价格在这一天价格下降了，而其他9只股票的价格有所增加或至少没有下跌，这里我们要问，一只股票价格下降的概率的最好估计为多少？自然的回答是0.1。让我们看一下这一结果是否就是最大似然估计所给出的结果。

将任意股票价格下降的概率计为p，对应只有一只股票价格下降，而其他股票价格不下降的概率为$p(1-p)^9$（p对应于一只股票下降而其他9只股票中任意一只股票不下降的概率为$1-p$），应用最大似然估计法，最好的估计值$p=\hat{p}$[⊖]会使得$p(1-p)^9$取得最大值。将以上表达式对p求导，并令导数为0，我们得出$\hat{p}=0.1$时会使得表达式取得最大值，这说明最大似然估计值正如期望的那样为0.1。

⊖ $\hat{p}$代表估计值，原书采用符号p。——译者注

9.9.1 估计常数方差

在下一个有关最大似然估计法的例子中，我们考虑如何由服从正态分布，并且期望值为0的变量 X 的 m 个观察值来估计这一变量的方差。我们假定观察值为 u_1，u_2，…，u_m，其对应的期望值为0，将方差记为 v。观察值出现在 $X=u_i$ 的概率等于 X 的概率密度函数在 u_i 的取值，即

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi v}}\exp\left(\frac{-u_i^2}{2v}\right)$$

m 个观察值正好为 u_1，u_2，…，u_m 的概率为

$$\prod_{i=1}^{m}\left[\frac{1}{\sqrt{2\pi v}}\exp\left(\frac{-u_i^2}{2v}\right)\right] \tag{9-11}$$

应用最大似然估计法，v 的最好估计使得式（9-11）达到最大值。

以上表达式的最大化与其对应的对数最大化等价，对式（9-11）取对数并且忽略常数项，我们得出将被最大化的目标函数为

$$\sum_{i=1}^{m}\left[-\ln(v)-\frac{u_i^2}{v}\right] \tag{9-12}$$

或

$$-m\ln(v)-\sum_{i=1}^{m}\frac{u_i^2}{v}$$

将以上表达式对 v 求导，并令导数为0，我们可以看到 v 的最大似然估计量为

$$\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}u_i^2$$

最大似然估计正是式（9-4）的估计式，而无偏差估计值等同于将 $m-1$ 代替 m 的情形。

9.9.2 估计GARCH(1，1）或EWMA模型中的参数

我们现在考虑如何用最大似然估计法来估计GARCH(1，1）或其他更新波动率方法中的参数，定义 $v_i=\sigma_i^2$ 为第 i 天的方差的估计，在方差一定的条件下，u_i 的条件概率分布为正态。与上一节类似，我们得出最佳匹配参数应使得以下表达式最大化

$$\prod_{i=1}^{m}\left[\frac{1}{\sqrt{2\pi v_i}}\exp\left(\frac{-u_i^2}{2v_i}\right)\right]$$

对这一表达式取对数，得出以上表达式最大化与以下表达式最大化等价

$$\sum_{i=1}^{m}\left[-\ln(v_i)-\frac{u_i^2}{v_i}\right] \tag{9-13}$$

除了 v 被代替为 v_i，式（9-13）与式（9-12）相同，我们可以采用迭代法来求取使得以上表达式达到最大化的解。

表9-4中所示的计算表显示出GARCH(1，1）模型中的参数估算过程，它采用了1988年1月6日至1997年8月15日的日元/美元汇率数据，表中报告的数字是对GARCH(1，1）模型中3个参数的 ω，α 及 β 估计，表中第1列对应于日期；第2列对应天数；第3列显示了在第 i 天结束时的汇率 S_i；第4列显示了由第 $i-1$ 天结束时至第 i 天结束时汇率的百分比变化，即 $u_i=(S_i-S_{i-1})/S_{i-1}$；第5列是对在第 $i-1$ 天所做的第 i 天的方差的估计，$v_i=\sigma_i^2$；从第3天开始，我们将方差设为 u_2^2，在接下去的每一天，我们采用式（9-10）来估计方差；第6列检测似然的可能性 $-\ln(v_i)-u_i^2/v_i$；第5列及第6列中的数据是基于当前参数 ω，α 及 β 的最新估计，我们的目标是如何选取 ω，α 及 β

以使得第 6 列达到最大值，这一过程涉及迭代搜索⊖。

表 9-4 估计 GARCH(1，1) 模型中的参数

日期	第 i 天	S_i	u_i	$v_i = \sigma_i^2$	$-\ln(v_i) - u_i^2/v_i$
1988-1-06	1	0. 007 728			
1988-1-07	2	0. 007 779	0. 006 599		
1988-1-08	3	0. 007 746	−0. 004 242	0. 000 043 55	9. 628 3
1988-1-11	4	0. 007 816	0. 009 037	0. 000 041 98	8. 132 9
1988-1-12	5	0. 007 837	0. 002 687	0. 000 044 55	9. 856 8
1988-1-13	6	0. 007 924	0. 011 101	0. 000 042 20	7. 152 9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1997-8-13	2 421	0. 008 643	0. 003 374	0. 000 076 26	9. 332 1
1997-8-14	2 422	0. 008 493	−0. 017 309	0. 000 070 92	5. 329 4
1997-8-15	2 423	0. 008 495	0. 000 144	0. 000 084 17	9. 382 4
					22 063. 583 3
GARCH(1，1) 模型中的参数估计值					
ω		α		β	
0. 000 001 75		0. 061 8		0. 899	

在我们的例子中，参数对应的最佳解为

$$\omega = 0.000\,001\,76, \quad \alpha = 0.062\,6, \quad \beta = 0.899$$

以及式（9-13）的最大值为 22 063. 583 3。在表 9-4 中所显示的数字对应于参数 ω，α 及 β 的最终迭代解。

在我们的例子中，长期平均方差 V_L 为

$$\frac{\omega}{1-\alpha-\beta} = \frac{0.000\,001\,75}{0.038\,3} = 0.000\,044\,22$$

长期波动率为 $\sqrt{0.000\,044\,22}$，也就是每天 0. 665%。

图 9-4 显示出 10 年间日元汇率由 GARCH(1，1) 所计算的波动性，在大多数时间，波动率每天介于 0. 4% ~0. 8%，但在某些时间波动率超过 1%。

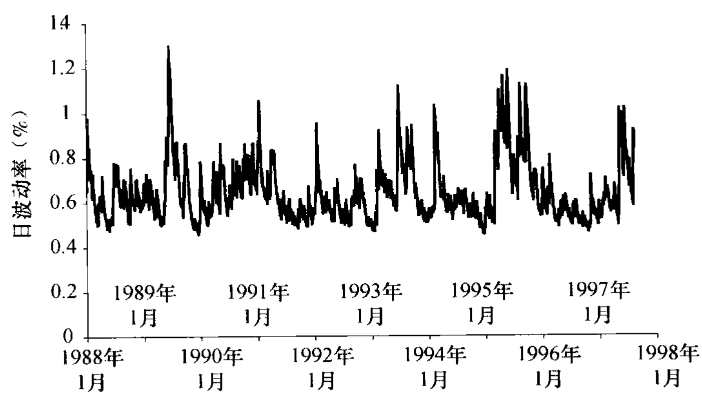


图 9-4 日元/美元汇率 1988 ~ 1997 年的日波动率

⊖ 就像在后面讨论的那样，微软软件 Excel 中的广义求解算法 Solver 可能用来对问题求解，其他特殊办法，像 Levenberg-Marquardt 算法也可能用来对问题求解。关于求解算法请参考 W. H. Press，B. P. Flannery，S. A. Teukolsky，and W. T. Vetterling，*Numerical Recipes in C：The Art of Scientific Computing*，Cambridge University Press，1988。

另一个估计 GARCH(1, 1) 参数的很好做法是所谓的方差目标（variance targeting）法[⊖]，这种方法将长期平均方差 V_L 设定为由数据计算出的抽样方差（或其他合理的估计），因为 ω 变量等于$V_L(1-\alpha-\beta)$，因此模型只需要估测两个参数，表 9-4 的数据所对应的抽样方差为0.000 043 41，每天变动率为 0.659%，令 V_L 等于抽样方差，我们可以找出使得目标函数式（9-13）达到最大化的 α 及 β，即分别为 0.060 7 以及 0.899 0，相应目标函数取值为22 063.527 4，这一数字只是稍稍低于前面计算的极值数据 22 063.582 3。

EWMA 模型的参数估计过程相对简单一些，因为 $\omega=0$，$\alpha=1-\lambda$ 及 $\beta=\lambda$，因此我们只需要估计一个参数，应用表 9-4 的数据，使得目标函数式（9-13）取得极大值的 λ 为 0.968 6，对应的目标函数取值为 21 995.837 7。

GARCH(1, 1) 模型及 EWMA 方法均可以通过 Excel 软件中的 Solver 功能得以实现，应用 Solver 我们可以寻求使得似然函数达到最大的数值解，当计算表格中所寻求的数值解大体在同一水平时，Solver 功能的表现令人满意。例如，在 GARCH(1, 1) 模型中，我们可以将计算表中的单元格（cells）A1，A2，A3 与数据 $\omega\times10^5$，α 及 0.1β 相对应。然后我们可以使得单元格 B1 = A1/100 000，B2 = A2 以及 B3 = 10 * A3，我们通过 Solver 来求得 B1，B2，B3 的数值以使得似然函数达到最大。

9.9.3 模型表现如何

GARCH 模型假设波动率的变化与时间有关，在某一阶段波动率较高，而在其他阶段波动率较低。换一种形式讲，当 u_i^2 较高时，u_{i+1}^2，u_{i+2}^2，…有增大的趋势；当 u_i^2 较低时，u_{i+1}^2，u_{i+2}^2，…有降低的趋势，我们可以通过计算 u_i^2 自相关系数（autocorrelation）来检验这些结论的正确性。

假定 u_i^2 确实有自相关性，如果 GARCH 模型有效，自相关性就会被剔除，我们通过计算变量的自相关系数来验证这一结论，如果计算出的结果显示 u_i^2/σ_i^2 不再具有自相关系数，我们可以得出结论：有关 σ_i 的模型确实解释了 u_i^2 中的自相关性。

表 9-5 显示的结果是基于以上的日元/美元汇率数据，第 1 列显示计算自相关系数所用的时滞（time lag），第 2 列对应于 u_i^2 自相关系数，第 3 列展示了 u_i^2/σ_i^2 的自相关系数[⊜]。表中结果显示出对应于 1～15 的所有时滞，u_i^2 的自相关系数为正，而对于 u_i^2/σ_i^2，有些自相关系数为正而有些为负，这些相关系数的幅度比最初 u_i^2 的相关系数要小。

表 9-5 采用 GARCH(1, 1) 模型前后的自相关系数

时滞	u_i^2 的自相关系数	u_i^2/σ_i^2 的自相关系数	时滞	u_i^2 的自相关系数	u_i^2/σ_i^2 的自相关系数
1	0.072	0.000	9	0.054	0.009
2	0.041	-0.010	10	0.030	-0.022
3	0.057	0.005	11	0.038	-0.004
4	0.107	0.000	12	0.038	-0.021
5	0.075	0.011	13	0.057	-0.001
6	0.066	0.009	14	0.040	0.004
7	0.019	-0.034	15	0.007	-0.026
8	0.085	0.015			

⊖ 请参考 R. Engle and J. Mezrich, "GARCH for Groups," *Risk*, August 1996, 36～40。

⊜ 数列 x_i 对应于时滞 k 的自相关系数等于 x_i 与 x_{i+k}的相关系数。

看来 GARCH 模型对于解释数据确实做了很好的工作，如果想做一个更科学的检验，我们可以采用所谓的 Ljung-Box-统计方法[⊖]。当一个数列中有 m 个观察值，Ljung-Box 统计量定义为

$$m\sum_{k=1}^{K} w_k \eta_k^2$$

式中，η_k 对应于时滞为 k 的自相关系数，K 为考虑所有的时滞，再有

$$w_k = \frac{m+2}{m-k}$$

对应于 $K=15$，当 Ljung-Box 统计量大于 25 时，我们可以有 95% 的把握拒绝自相关系数为 0 这一假设。

从表 9-5 出发，关于 u_i^2 数列 Ljung-Box 的统计值为 123，这说明自相关性确实存在。关于数列 u_i^2/σ_i^2，Ljung-Box 统计值为 8.62，这说明 GARCH 模型确实剔除了数据中的自相关性。

9.10 采用 GARCH(1，1) 模型来预测波动率

采用 GARCH(1，1) 模型，在 $n-1$ 天结束时所估算的第 n 天的方差为

$$\sigma_n^2 = (1-\alpha-\beta)V_L + \alpha u_{n-1}^2 + \beta\sigma_{n-1}^2$$

因此

$$\sigma_n^2 - V_L = \alpha(u_{n-1}^2 - V_L) + \beta(\sigma_{n-1}^2 - V_L)$$

在将来第 $n+t$ 天，我们有

$$\sigma_{n+t}^2 - V_L = \alpha(u_{n+t-1}^2 - V_L) + \beta(\sigma_{n+t-1}^2 - V_L)$$

u_{n+t-1}^2 的期望值为 σ_{n+t-1}^2，因此

$$E[\sigma_{n+t}^2 - V_L] = (\alpha+\beta)E[\sigma_{n+t-1}^2 - V_L]$$

式中，E 表示期望值。连续应用这一方程，我们得出

$$E[\sigma_{n+t}^2 - V_L] = (\alpha+\beta)^t(\sigma_n^2 - V_L)$$

或者

$$E[\sigma_{n+t}^2] = V_L + (\alpha+\beta)^t(\sigma_n^2 - V_L) \tag{9-14}$$

式 (9-14) 采用了在第 $n-1$ 天结束时所有数据来预测第 $n+t$ 天的波动率。在 EWMA 模型中，$\alpha+\beta=1$，式 (9-14) 说明，将来方差的期望值与当前方差相等。当 $\alpha+\beta<1$ 时，式中最后一项随时间增加而逐渐减小。图 9-5 显示出当当前方差与 V_L 不同时预期方差的将来路径。如上所述，方差具备均值回归的性质，均值回归水平为 V_L，回归速度为 $1-\alpha-\beta$。我们对将来方差的预测，会随着展望时间的延长逐渐趋向于 V_L，这一分析强调了为保证 GARCH(1，1) 模型的稳定，我们必须有 $\alpha+\beta<1$ 这一条件。当 $\alpha+\beta>1$ 时，对应于长期平均方差的权重为负，这时方差不具备均值回归性态，事实上此时的模型具备均值逃离 (mean fleeing) 的性态。

在我们之前考虑的日元/美元汇率一例中，$\alpha+\beta=0.961\,7$，$V_L=0.000\,044\,22$。假定我们对当前方差的估计为每天 0.000 06（这对应于日波动率为 0.77%），10 天之后的方差期望值为

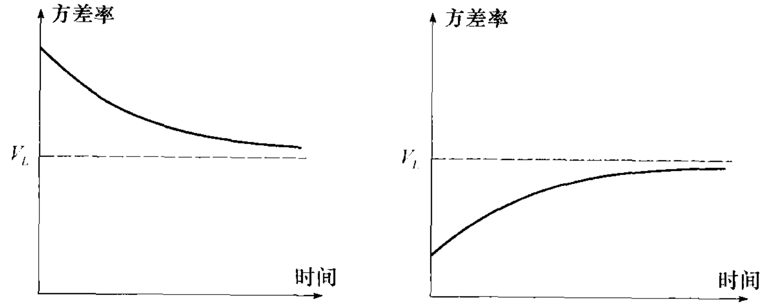
$$0.000\,044\,22 + 0.961\,7^{10} \times (0.000\,06 - 0.000\,044\,22) = 0.000\,054\,76$$

预期波动率为每天 0.74%，这一数值仍然高于长期波动率（0.665%），但是 100 天后的预期方差为

$$0.000\,044\,22 + 0.961\,7^{100} \times (0.000\,06 - 0.000\,044\,22) = 0.000\,044\,51$$

⊖ 请参考 G. M. Ljung and G. E. P. Box, "On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models," *Biometrica*, 65 (1978), 297-303。

预期波动率为每天0.667%，这同长期波动率已经非常接近。



a）当前方差高于长期方差　　b）当前方差低于长期方差

图9-5　对应于以下两种情形的方差率的预期路径

9.10.1　波动率期限结构

假定今天为第 n 天，定义

$$V(t)=E(\sigma_{n+t}^2),\quad a=\ln\frac{1}{\alpha+\beta}$$

式（9-14）变为

$$V(t)=V_L+\mathrm{e}^{-at}[V(0)-V_L]$$

这里的 $V(t)$ 为对第 t 天的即时方差（instantaneous variance）的估计，介于第 n 天与时间 T 的方差平均值为

$$\frac{1}{T}\int_0^T V(t)\,\mathrm{d}t=V_L+\frac{1-\mathrm{e}^{-aT}}{aT}[V(0)-V_L]$$

随着期限变长，以上数值会更接近 V_L。定义 $\sigma(T)$ 为GARCH(1，1）模型对于一个期限为 T 天的期权定价时所采用的波动率，假定每年中有252天，$\sigma(T)^2$ 是每天方差的252倍，因此

$$\sigma(T)^2=252\left\{V_L+\frac{1-\mathrm{e}^{-aT}}{aT}[V(0)-V_L]\right\}\tag{9-15}$$

我们可以常常采用不同的期权价格来计算出波动率期限结构（volatility term structure），这一期限结构就是期权隐含波动率与期限之间的内在关系。式（9-15）可以用来估算基于GARCH(1，1）模型的波动率期限结构，由此所估计的期限结构同实际的期限结构有所不同，我们在以后将说明这种方法确实可以用来预测实际波动率的变化形式与波动率变动的关系。

当前波动率高于长期波动率时，GARCH(1，1）模型预测出的波动率期限结构为下降型（downward-sloping）；当前波动率低于长期波动率时，GARCH(1，1）预测出的波动率期限结构为上升型（upward-sloping）。对于日元/美元汇率的实例，$a=\ln\frac{1}{0.9617}=0.0391$ 及 $V_L=0.00004422$。假定当前的日方差估测为 $V(0)=0.00006$，由式（9-15）得出

$$\sigma(T)^2=252\left[0.0000442+\frac{1-\mathrm{e}^{-0.0391T}}{0.0391T}(0.00006-0.0000442)\right]$$

式中，时间 T 以天计，表9-6显示出对应于不同时间 T 的年波动率。

表9-6　由GARCH(1，1）模型预测的日元/美元汇率的波动率期限结构

期权期限（天）	10	30	50	100	500
期权波动率（每年%）	12.02	11.61	11.35	11.02	10.65

9.10.2 波动率变化的作用

式（9-15）可以写为

$$\sigma(T)^2 = 252\left\{V_L + \frac{1-e^{-aT}}{aT}\left(\frac{\sigma(0)^2}{252} - V_L\right)\right\}$$

当 $\sigma(0)$ 的变化量为 $\Delta\sigma(0)$，相应 $\sigma(T)$ 的变化量为

$$\frac{1-e^{-aT}}{aT}\frac{\sigma(0)}{\sigma(T)}\Delta\sigma(0) \tag{9-16}$$

表9-7显示了我们的例子中波动率的变动对于不同期限的期权价格的影响。类似以前的假定，$V(0)=0.000\,06$，因此每天波动率 $\sqrt{0.000\,06}=0.007\,7$，因而 $\sigma(0)=12.30\%$。表9-7考虑的情形为即时波动率（instantaneous volatility）由12.30%变为13.30%，即100个基点的变化，这意味着 $\Delta\sigma(0)=0.01$，即1%。

表9-7 由GARCH(1，1)模型预测的即时波动率增加1%所带来的效应

期权期限（天）	10	30	50	100	500
波动率的增长（%）	0.85	0.62	0.48	0.28	0.06

许多金融机构采用这样的分析来决定其交易组合对于波动率的敏感性，他们没有考虑将任意期限的隐含波动率增加1%，而是将波动率的变化量与期限联系起来。在表9-7中，10天期权的波动率增加量为0.84%，30天期权的波动率增加量为0.61%，50天期权的波动率增加量为0.46%，等等。

9.11 小结

在期权定价中，我们定义变量的波动率为每年连续复利的收益率的标准差。波动率可由历史数据计算得出或由期权价格中隐含所得。在风险管理过程中每天的波动率被定义为每天市场变量的百分比变化的标准差。每天的变化的方差为日波动率的平方。波动率在交易日要远高于非交易日，因此在波动率计算过程中非交易日可以被忽略。每天的市场变化服从正态分布这一假设很诱人，但事实并非如此，大多数市场变量变化有比正态分布更肥的尾部，因此幂律是对我们日常生活中所遇到的许多分布的一个更好的描述。幂律常常被用于描述许多市场百分比变化的尾部分布。

许多期权模型，例如Black-Scholes模型，假定基础资产的波动率为常数，这一假定绝非完美。在实践中，波动率就如同基础资产本身一样，也是一个随机变量。但是与基础资产不同，这一变量并不能由市场观测所得，本章描述的方法就是关于如何跟踪及更新波动率。

我们定义 u_i 为第 $i-1$ 天末到第 i 天末市场变量的百分比变化，市场变量的方差（即波动率的平方）为 u_i^2 的加权平均。这里所讨论的模型的一个主要特性是对应于不同的 u_i^2，模型赋予不同的权重。数据越新，所对应的权重也越大。在EWMA模型及GARCH(1，1)模型中权重随着回望展期长度以指数比例下降。GARCH(1，1)模型与EWMA模型的不同之处在于GARCH(1，1)给长期平均方差也施加了某种权重。EWMA模型及GARCH(1，1)模型的构造都保证了我们能够较为容易地预测将来方差的水平。

极大似然估计法通常用于估计GARCH(1，1)模型以及其他基于历史数据来计算波动率的模型中的参数，这些方法采用数值迭代来使得历史数据得以重现的可能性达到最大，当参数确定之后，我们可以从 u_i^2 中的自相关性是否被剔除这一性态来验证模型的好坏。

推荐阅读

有关波动率的起因

Fama, E. F., "The Behavior of Stock Market Prices," *Journal of Business*, 38(January 1965):34 - 105.

French, K. R., "Stock Returns and the Weekend Effect," *Journal of Financial Economics*, 8(March 1980):55 - 69.

French, K. R., and R. Roll, "Stock Return Variances: The Arrival of Information and the Reaction of Traders," *Journal of Financial Economics*, 17 (September 1986):5 - 26.

Roll, R., "Orange Juice and Weather," *American Economic Review*, 74, 5(December 1984):861 - 880.

关于 GARCH 模型

Bollerslev, T., "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity," *Journal of Econometrics*, 31(1986):307 - 327.

Cumby, R., S. Figlewski, and J. Hasbrook, "Forecasting Volatilities and Correlations with EGARCH Models," *Journal of Derivatives*, 1, 2 (Winter 1993):51 - 63.

Engle, R. F., "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variances of UK Inflation," *Econometrica*, 50(1982):987 - 1008.

Engle, R. F., and J. Mezrich, "Grappling with GARCH," *Risk*, September 1995:112 - 117.

Engle, R. F., and V. Ng, "Measuring and Testing the Impact of News on Volatility," *Journal of Finance*, 48(1993):1749 - 1778.

Nelson, D., "Conditional Heteroscedasticity and Asset Returns; A New Approach," *Econometrica*, 59(1990):347 - 370.

Noh, J., R. F. Engle, and A. Kane, "Forecasting Volatility and Option Prices of the S & P 500 Index," *Journal of Derivatives*, 2(1994):17 - 30.

练习题

9.1 某股票的波动率为每年 30%，对应于一周，股票价格百分比变化的标准差为多少？

9.2 某资产的波动率为每年 25%，对应一天的资产价格百分比变化的标准差为多少？假定价格变化服从正态分布，均值为 0 估测在 95%的置信度下价格百分比变化的置信区间为多少。

9.3 为什么交易员在计算年波动率时采用 252 天而不采用 365 天？

9.4 什么是隐含波动率？如何计算隐含波动率？在实践中对应于同一资产的不同期权会有不同的隐含波动率，这一结论的含义是什么？

9.5 假定在过去 11 天交易结束时，某汇率数值为 0.700 0，0.701 0，0.707 0，0.699 9，0.697 0，0.700 3，0.695 1，0.695 3，0.693 4，0.692 3，0.692 2。请采用 9.3 节中的过程及式（9-4）两种方法来估计每天的波动率。

9.6 点击某网页的次数服从式（9-1）给出的幂律分布，$\alpha = 2$。假定有 1% 的网页会受到 500 次以及更多的点击，在所有的网页中被点击的次数为（a）1 000 次、（b）2 000 次以及更多次所占的比例为多少？

9.7 请解释如何用 EWMA 模型及历史数据来估算波动率。

9.8 采用 EWMA 模型及 GARCH(1，1）模型对波动率进行更新的不同之处是什么？

9.9 某一资产的波动率的最新估计值为 1.5%，资产在昨天交易结束时的价格为 30 美元。EWMA 模型中的 λ 为 0.94，假定在今天交易结束时资产价格为 30.50 美元，EWMA 模型将如何对波动率进行更新？

9.10 某一公司采用 EWMA 模型来预测波动率，公司决定将参数 λ 由 0.95 变为 0.85，请解释这一变化的影响。

9.11 假定 S&P500 在昨天交易结束时价格为 1040，而在昨天指数的波动率的估计值为每天 1%。GARCH(1，1）模型中的参数 $\omega = 0.000\,002$，$\lambda = 0.06$ 以及 $\beta = 0.92$，指数价格在今天交易结束时价格为 1060，今天新的波动率的估价值为多少？

9.12 在昨天下午4点，USD/GBP汇率的波动率的最新估计为每天0.6%，汇率价格为1.5，在EWMA中参数λ为0.9，假定在今天下午4点汇率价格变为1.4950，今天汇率波动率的最新估计为多少？

9.13 某公司采用GARCH(1，1)模型来更新波动率，模型中的参数为ω，α及β。请描述稍稍增加某一参数同时保证其他参数不变的影响是什么。

9.14 某GARCH(1，1)模型的不同参数为$\omega=0.000004$，$\alpha=0.05$以及$\beta=0.92$，长期平均波动率为多少？描述波动率会收敛到长期平均值的方程是什么？如果当前波动率为20%，在20天后波动率的期望值为多少？

9.15 假设FTSE 100股指（以英镑计）的日波动率为1.8%，美元/英镑汇率的日波动率为0.9%，我们进一步假定FTSE 100与美元/英镑汇率的相关指数为0.4，FTSE 100被转换成美元后的波动率为多少？这里假定美元/英镑汇率被表达为1英镑所对应的美元数量（提示：当$Z=X\cdot Y$时，Z所对应的每天的百分比价格变化等于X每天的百分比价格变化加上Y每天的百分比价格变化）。

9.16 假定GARCH(1，1)模型中的参数估计为$\omega=0.000003$，$\alpha=0.04$以及$\beta=0.94$，当前波动率近似为1%，请估计30天后的日波动率。

9.17 假定GARCH(1，1)模型中的参数估计为$\omega=0.000002$，$\alpha=0.04$以及$\beta=0.94$，当前波动率近似为1.3%，请估计20天后的日波动率。

作业题

9.18 假定股票价格在过去连续15周的价格（以美元计）为30.2，32.0，31.1，30.1，30.2，30.3，30.6，33.0，32.9，33.0，33.5，33.5，33.7，33.5，33.2。估计股票价格波动率，估计值的标准差为多少？

9.19 假定黄金价格在昨天收盘价格为300美元，其波动率为每天1.3%，今天黄金的收盘价为298美元。请采用以下模型来更新波动率：(a) 采用EWMA模型，其中$\lambda=0.94$；(b) 采用GARCH(1，1)模型，其中参数选择为$\omega=0.000002$，$\alpha=0.04$以及$\beta=0.94$。

9.20 在本书作者网页中，读者可以下载一个计算表，其中含有超过900天的不同汇率数据以及股指价格数据。选定某汇率及某股指价格，估计EWMA中的λ以使得

$$\sum_i (v_i-\beta_i)^2$$

达到极小，其中v_i为在第$i-1$天前所做的预测，β_i是由第i天至第$i+25$天的数据计算出的方差，在计算中请采用Excel中的Solver功能，在开始EWMA计算时，令第1天的方差的预测值等于第1天的收益的平方。

9.21 GARCH(1，1)模型中的参数$\alpha=0.03$，$\beta=0.95$以及$\omega=0.000002$，(a) 长期平均波动率为多少？(b) 如果当前波动率为每天1.5%，对20天、40天及60天后的波动率预估为多少？(c) 应采用什么样的数据来计算20天、40天及60天期限的期权价格？(d) 假定有某一事件使得波动率由每天0.5%增至每天2%，请估测这一事件对20天、40天及60天后波动率的影响；(e) 估测这一事件对用于20天、40天及60天期限的期权定价中的波动率的影响。

9.22 利用作业题9.20的数据及最大似然方法来估计估算方差率的EWMA及GARCH(1，1)模型中的最佳匹配系数。

9.23 资产组合在一个月时损失超出1000万美元的概率大约为5%，(a) 假定交易组合价值变化服从正态分布，均值为0，一个月展望期的VaR99%为多少？(b) 在$\alpha=3$的幂律假设前提下，一个月展望期的99% VaR为多少？

CHAPTER 10

第 10 章

相关系数与Copula函数

假设一家公司对市场的两个不同变量有风险暴露，两个变量之中的任一个变量增加 1 个标准差，公司会收益1 000 万美元；两个变量之中任一变量减小 1 个标准差，公司会亏损1 000 万美元。如果这两个市场变量的变化有很强的正相关性，公司面临的整体风险很大；如果两个市场变量的相关性为 0，公司面临的整体风险会小一些，但整体风险量仍然是很大的；如果两个市场变量的变化有很强的负相关性，公司面临的整体风险会大大减小，这是因为一个变量带来的损失会被另一个变量带来的收益而中和。这个例子说明风险人员对于相关系数及波动率有一个合理估计，对于正确检测风险暴露至关重要。

在本章我们将要讨论对于相关系数如何做出一个类似检测波动率的检测方法，本章也会涉及 Copula 函数，通过 Copula 函数我们可以定义两个或更多的变量之间的相关结构，而这种定义对于任意的概率分布均适用。Copula 函数在风险管理领域有不同形式的应用，利用 Copula 函数，我们可以较为便利地建立违约相关性，并且如本章所示，我们可以利用 Copula 来计算一个贷款组合的风险价值度（我们在第 11 章将讨论的《新巴塞尔协议》应用了该模型），Copula 函数可以用于对信用衍生产品定价，同时也可用于计算经济资本金。

10.1 相关系数的定义

变量 V_1 及 V_2 的相关系数 ρ 被定义为

$$\rho = \frac{E(V_1V_2) - E(V_1)E(V_2)}{SD(V_1)SD(V_2)} \tag{10-1}$$

式中，$E(\cdot)$ 代表期望值；$SD(\cdot)$ 代表标准差。如果两个变量不相关，即 $E(V_1V_2)=E(V_1)E(V_2)$，那么 $\rho=0$。如果 $V_1=V_2$，式（10-1）中的分子及分母均等于变量 V_1 的方差，此时，就像我们期望的那样，$\rho=1$。

变量 V_1 及 V_2 的协方差被定义为

$$\text{cov}(V_1,V_2) = E(V_1V_2) - E(V_1)E(V_2) \tag{10-2}$$

因此相关系数又可以写为

$$\rho = \frac{\text{cov}(V_1,V_2)}{SD(V_1)SD(V_2)}$$

虽然直觉上我们更容易理解相关系数，但是在今后我们将说明协方差才是我们真正需要分析的变量，这就像在 EWMA 模型及 GARCH 模型中，虽然波动率更容易被人理解，但方差才是真正的基础变量。

相关系数以及关联性

如果两个变量中，其中任意一个变量的信息（观测值）不会影响另一个变量的分布，那么两个变量在统计上被定义为独立。精确地讲，对于所有的 x，等式

$$f(V_2 \mid V_1 = x) = f(V_2)$$

成立，式中，$f(\cdot)$ 代表变量的概率密度函数，那么变量 V_1 和 V_2 在统计上被定义为相互独立。

如果两个变量的相关系数为零，就意味着变量毫无关联吗？答案是否定的，这里举一个简单例子来说明问题，假定变量 V_1 的值有三种均等的可能 -1，0 及 $+1$。当 $V_1=-1$ 或 $V_1=+1$ 时，$V_2=1$；当 $V_1=0$ 时，$V_2=0$。在这里我们可以清楚地看到 V_1 和 V_2 有某种关联性，如果观测到 V_1 的值，我们也可得出 V_2 的值，同时有关 V_2 的信息也会改变我们有关 V_1 的概率分布，但我们很容易验证 V_1 及 V_2 的相关系数为零。

这一例子强调相关系数只是用于表达变量之间的某种相关性，这种相关性只是一种线性的关联关系，而变量之间可以有许多不同形式的关联关系。我们可以画出 $E(V_2)$ 同 V_1 的函数图来显示 V_1 和 V_2 的关联特性。图 10-1 显示了几种不同的关联形式，图 10-1a 显示 V_2 的期望值同 V_1 之间有某种线性关系，图 10-1b 显示 V_2 的期望值同 V_1 之间有一种 V 形关联关系（这同我们前面的例子相似，一种对称的 V 形的高度关联关系会造成相关系数为零），图 10-1c 显示我们经常看到的金融变量之间的关联性。在这里 V_1 及 V_2 代表某些市场变量的变化率。当 V_1 正常变化时，V_1 及 V_2 之间有很弱的关联性，但 V_1 的极端变化会触发 V_2 的极端变化，这里我们引用一句名言“在市场危机状态，所有的相关性趋向于 1”。

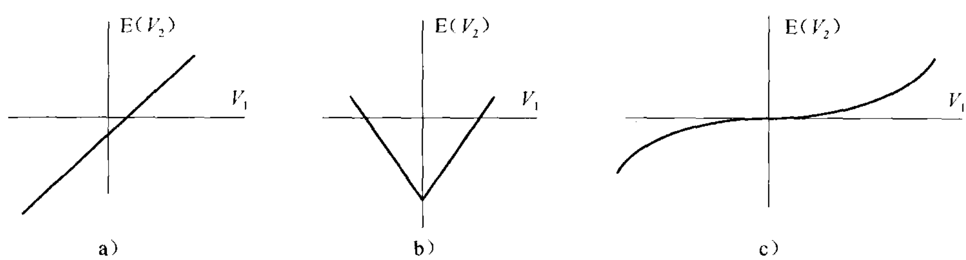


图 10-1　V_2 依赖于 V_1 的几种不同形式

我们可以从另一个角度来考察 V_1 及 V_2 的关联性，即通过检验在 V_1 条件下，V_2 的方差。我们在今后将看到，当 V_1 及 V_2 服从二元正态分布时，该条件方差为常数，但在其他情形，V_2 的方差与 V_1 有关。

10.2　监测相关系数

在第 9 章我们解释了如何应用 EWMA 模型及 GARCH 模型来监测变量的方差，我们也可以采

用类似的方法来监测两个变量之间的协方差。一个变量每天变化的方差是指这一变量每天收益的方差，类似地，两个变量每天变化的协方差是指变量每天收益的协方差。

假定变量 X 及 Y 在第 i 天结束时的价值为 X_i 及 Y_i，变量 X 及 Y 在第 i 天的收益率为

$$x_i = \frac{X_i - X_{i-1}}{X_{i-1}}, \quad y_i = \frac{Y_i - Y_{i-1}}{Y_{i-1}}$$

由式（10-2），我们得出变量 X 及 Y 在第 n 天的协方差为

$$\text{cov}_n = E(x_n y_n) - E(x_n)E(y_n)$$

在 9.5 节中我们曾指出风险管理人员在计算每天方差时常常假定变量每天的预期收益为 0，风险管理人员在计算每天协方差时通常需要做出同样的假设，这意味着变量 X 及 Y 在第 n 天的协方差可以被简化为

$$\text{cov}_n = E(x_n y_n)$$

对于 x_i 及 y_i 的最后 m 个观察值采用同样的权重，我们得出

$$\text{cov}_n = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_{n-i} y_{n-i} \tag{10-3}$$

采用同样的权重来估计变量 X 及 Y 每天变化的方差，我们得出关系式

$$\text{var}_{x,n} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_{n-i}^2$$

及

$$\text{var}_{y,n} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} y_{n-i}^2$$

第 n 天的相关系数的估计值为

$$\frac{\text{cov}_n}{\sqrt{\text{var}_{x,n}\text{var}_{y,n}}}$$

10.2.1 采用 EWMA 模型

大多数风险管理人员都同意远期历史数据的权重应该小于近期历史数据的权重，在第 9 章中我们曾讨论应用 EWMA 模型来检测方差，其中权重随着回望期期限的增长而按指数形式下降，对于协方差我们可以采用类似的权重形式，一种更新协方差的 EWMA 模型同式（9-8）相似

$$\text{cov}_n = \lambda \text{cov}_{n-1} + (1-\lambda) x_{n-1} y_{n-1}$$

与 EWMA 模型中的分析相似，我们可以证明对应于数据 $x_{n-1}y_{n-1}$ 的权重随着 i 的增加而逐渐降低（也就是随着回望期的增长），λ 的值越小，对于近期数据的权重也越大。

例 10-1

假设 $\lambda = 0.95$，变量 X 及 Y 在第 $n-1$ 天的相关系数估计为 0.6，同时我们又假设变量 X 及 Y 在第 $n-1$ 天的波动率估计分别为 1% 及 2%。由协方差及相关系数的关系式，在第 $n-1$ 天的协方差估计为

$$0.6 \times 0.01 \times 0.02 = 0.000\,12$$

假定变量 X 及 Y 在第 $n-1$ 天的百分比变化分别为 0.5% 及 2.5%，在第 n 天的方差及协方差的估计分别为

$$\sigma_{x,n}^2 = 0.95 \times 0.01^2 + 0.05 \times 0.005^2 = 0.000\,096\,25$$

$$\sigma_{y,n}^2 = 0.95 \times 0.02^2 + 0.05 \times 0.025^2 = 0.000\,411\,25$$

$$\text{cov}_n = 0.95 \times 0.000\,12 + 0.05 \times 0.005 \times 0.025 = 0.000\,120\,25$$

变量 X 的最新波动率估计为 $\sqrt{0.000\,096\,25} = 0.981\%$；变量 Y 的最新波动率估计为 $\sqrt{0.000\,411\,25} = 2.202\,8\%$，$X$ 及 Y 的最新相关系数为

$$\frac{0.000\,120\,25}{0.009\,81 \times 0.020\,28} = 0.604\,4$$

10.2.2 GARCH 模型

GARCH 模型可以用于更新协方差以及预测将来协方差的水平。例如，GARCH(1，1) 更新 X 及 Y 协方差的表达式为

$$\text{cov}_n = \omega + \alpha x_{n-1}y_{n-1} + \beta \text{cov}_{n-1}$$

这一公式同更新方差的式（9-10）相似，对于长期平均协方差施予某种权重，对于最新协方差估计施予某种权重，对于最新协方差数据（也就是 $x_{n-1}y_{n-1}$）也施予某种权重，长期平均协方差为$\omega/(1-\alpha-\beta)$。我们可以推导出类似式（9-14）及式（9-15）的表达式来预测将来的协方差，并且计算对应一个期权期限内的平均协方差的数量。

10.2.3 协方差的一致性条件

当计算出所有的方差及协方差之后，我们可以生成一组市场变量的方差-协方差矩阵。当 $i\neq j$ 时，矩阵的第（i，j）个元素对应于变量 i 与变量 j 的协方差；当 $i=j$ 时，第（i，j）个元素对应于变量 i 的方差。

并不是所有的方差-协方差矩阵都满足内部一致性条件，一个 $N\times N$ 方差-协方差矩阵$\boldsymbol{\Omega}$ 满足内部一致性条件的不等式为：对于所有的 $N\times 1$ 向量 $\boldsymbol{w}$，

$$\boldsymbol{w}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{\Omega}\boldsymbol{w} \geqslant 0 \tag{10-4}$$

式中，$\boldsymbol{w}^{\mathrm{T}}$ 是 $\boldsymbol{w}$ 的转置，满足以上条件的矩阵被称为半正定矩阵。

为了理解式（10-4）为什么成立，我们可以假定 $\boldsymbol{w}^{\mathrm{T}}=[w_1, w_2, \cdots, w_N]$，表达式 $\boldsymbol{w}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{\Omega}\boldsymbol{w}$ 为变量 $w_1z_1+w_2z_2+\cdots+w_Nz_N$ 的方差，其中 z_i 代表变量 i 的值，因此方差自然不能为负，因此式（10-4）条件必须成立。

为了保证矩阵的半正定性，我们在计算方差及协方差时必须保持一致性。例如，如果采用最新的 m 个历史数据并以均等的权重来计算方差，那我们在计算协方差时也应采用同样的数据及权重；如果采用 EWMA 模型，并假定 $\lambda=0.94$ 来更新方差，我们在计算协方差时也应该采用同样的数据。在对方差及协方差计算保证一致性条件的同时，我们可以推导出多变量 GARCH 模型[㊀]。

以下方差-协方差矩阵是一个不满足内部一致性条件的实例

$$\begin{bmatrix} 1.0 & 0 & 0.9 \\ 0 & 1.0 & 0.9 \\ 0.9 & 0.9 & 1.0 \end{bmatrix}$$

以上任一变量的标准差均为 1.0，此时协方差与相关系数相等。第 1 个变量同第 3 个变量高度相关，第 2 个变量同第 3 个变量也高度相关，但是第 1 个变量同第 2 个变量无关，这一现象看起来有些奇怪，令 $\boldsymbol{w}=(1, 1, -1)^{\mathrm{T}}$，我们可以验证式（10-4）不成立，这也证明矩阵不满足半正定条件。

如果我们对一个含有 3 个变量的半正定矩阵产生一个很小的扰动（为了计算敏感性），矩阵仍然往往也是半正定。但是，对于 1 000 个变量进行分析时，我们必须要小心，当我们对一个 1 000 × 1 000 的矩阵产生一个小的随意扰动时，矩阵的半正定条件就很有可能不再满足[㊁]。

10.3 多元正态分布

多元正态分布很容易被理解及应用，在下一节我们将解释多元正态分布可以用于描述变量之

㊀ 关于其他做法，请参考 R. Engle and J. Mezrich, "GARCH for Groups," *Risk*, August 1996, 36-40。

㊁ 可以证明一个 3×3 矩阵满足内部一致性的条件为 $\rho_{12}^2+\rho_{13}^2+\rho_{23}^2-2\rho_{12}\rho_{13}\rho_{23}\leqslant 1$，其中 ρ_{ij} 为变量 i 与 j 的相关系数。

间的相关结构，这甚至在每一个单一变量不服从正态分布时也可以做到。

我们假定两个变量 V_1 及 V_2 服从二元正态分布，变量 V_1 的某个观察值为 v_1，V_2 在 $V_1=v_1$ 的条件分布为正态分布，期望值为

$$\mu_2+\rho\sigma_2\frac{v_1-\mu_1}{\sigma_1}$$

标准差为

$$\sigma_2\sqrt{1-\rho^2}$$

这里的 μ_1 及 μ_2 分别为 V_1 及 V_2 的（无条件）期望值；σ_1 及 σ_2 分别为 V_1 及 V_2 的（无条件）标准差，ρ 为 V_1 及 V_2 的相关系数。注意 V_2 的条件期望值（条件为 V_1）与 V_1 有线性关系，这对应于图 10-1a；V_2 的条件标准差（条件为 V_1）与 V_1 无关。

10.3.1 基于正态分布产生随机抽样

在大多数计算机语言中都有产生介于 0 ~ 1 的随机数的程序，许多语言也有产生服从正态分布随机数的能力[⊖]，如果在某种计算机语言中不能产生服从正态分布的随机数，我们可以采用以下关系式来进行近似计算

$$\varepsilon=\sum_{i=1}^{12}R_i-6 \tag{10-5}$$

式中，$R_i(1\leqslant i\leqslant 12)$ 为介于 0 ~ 1 相互独立的随机变量；ε 就是我们寻求的近似值，这一近似的大多数情况令人满意。

当需要产生二元正态随机变量的随机抽样 ε_1，ε_2 时，我们可以采用如下流程，像以上说明的那样首先生成两个服从正态分布并且相互独立的随机抽样 z_1 及 z_2，然后我们采用以下关系式来生成所需要的随机抽样

$$\varepsilon_1=z_1 \quad 及 \quad \varepsilon_2=\rho z_1+z_2\sqrt{1-\rho^2}$$

式中，ρ 为相关系数。

接下来我们考虑如何产生 n 元联合正态分布的随机抽样，这里变量 i 及变量 j 的相关系数为 ρ_{ij}。首先生成 n 个相互独立，并且服从正态分布的随机抽样 $z_i(1\leqslant i\leqslant n)$，服从 n 元联合正态分布的随机抽样可由下式来产生

$$\varepsilon_i=\sum_{k=1}^{i}\alpha_{ik}z_k$$

式中，α_{ik}是使得所有的 ε 的相关矩阵等于初始相关矩阵的调节系数。

对于 $i(1\leqslant i\leqslant n)$，我们有关系式

$$\sum_{k=1}^{i}\alpha_{ik}^2=1$$

以及，对于所有的 $j<i$

$$\sum_{k=1}^{j}\alpha_{ik}\alpha_{jk}=\rho_{ij}$$

第 1 个变量的抽样 $\varepsilon_1=z_1$，所有的 α 变量可以通过对上式求解而得，最后 ε_2 抽样与 z_1，z_2 有关，ε_3 抽样与 z_1，z_2，z_3 有关，等等。这里描述的过程被称为 Cholesky 分解（Cholesky decomposition）。

如果我们在 Cholesky 分解中遇到对负数开根号，那么最初的方差-协方差矩阵一定不满足内部

⊖ 在 Excel 中，我们可以采用指令 = NORMSINV（RAND（））来达到这一目的。

一致性条件，如同在10.2节解释的那样，这就等于是说矩阵不满足半正定条件。

10.3.2 因子模型

有时某些服从正态分布的几种不同变量的相关系数是由某个因子来决定的。假设 U_1，U_2，…，U_N 均服从标准正态分布（期望值为0，标准差为1的正态分布被称为标准正态分布），在单一因子模型（factor model）中，每个 U_i 均同一个共同的因子 F 及另外一个相互独立的因子有关，准确地讲

$$U_i = a_i F + \sqrt{1 - a_i^2} Z_i \tag{10-6}$$

式中，F 及 Z_i 均服从标准正态分布，a_i 为介于 $-1 \sim 1$ 的一个常数，Z_i，$i=1$，…，N 之间相互独立，每一个 Z_i 同 F 也相互独立。在单一因子模型中，U_i 同 U_j 的相关性起源于共同因子 F，变量 U_i 同 U_j 的相关系数为 $a_i a_j$。

单一因子模型的优点是这一模型对于相关结构做了某种假设，在没有因子模型的前提下，我们必须对 N 个变量之间的相关性进行估计，这就造成我们需要估计 $N(N-1)/2$ 个参数，而在因子模型的前提下，我们只需要估计 a_1，a_2，…，a_N 等 N 个参数。资本资产定价模型是单一因子模型的特例，其中股票的回报与某单一市场变量及若干相互独立的特殊（idiosyncratic），即非系统变量有关（见1.1节）。

单一因子模型可以被推广到2个、3个以至于 M 个因子模型，在 M 个因子模型中

$$U_i = \alpha_{i1} F_1 + \alpha_{i2} F_2 + \cdots + \alpha_{iM} F_M + \sqrt{1 - a_{i1}^2 - a_{i2}^2 - \cdots - a_{iM}^2} Z_i \tag{10-7}$$

因子 F_1，F_2，…，F_M 服从标准正态分布，并且相互独立，因子 Z_i 之间相互独立，并且每一个 Z_i 与所有的 F 因子也相互独立，这时 U_i 及 U_j 的相关系数为

$$\sum_{m=1}^{M} a_{im} a_{jm}$$

10.4 Copula 函数

考虑两个相互关联的变量 V_1 及 V_2，V_1 的边际分布（marginal distribution）（有时也被称为无条件分布）是指我们在对 V_2 一无所知的情况下 V_1 的概率分布；类似地，V_2 的边际分布是指我们对 V_1 一无所知的情况下 V_2 的概率分布。假定已经对 V_1 及 V_2 的边际分布有所估计，那么我们需要对相关结构做什么样的假设来决定变量之间的联合分布呢？

当 V_1 及 V_2 的边际分布均为正态分布时，一种方便的做法是假设 V_1 及 V_2 服从二元正态分布[⊖]（见第10.3节关于相关性的讨论）。对于其他边际分布，我们也可以做类似的假设。但是通常来讲，对于两个不同的边际分布，并没有一个自然的方式来定义相关结构，这就是我们需要引入Copula函数的原因。

以下是一个有关Copula函数的应用实例，假定 V_1 及 V_2 的边际分布为三角分布，如图10-2所示，两个变量均介于0～1。V_1 分布的峰值发生在0.2，V_2 分布的峰值发生在0.5，两个分布的最大值均为2.0，为了应用高斯（Gaussian）Copula函数，我们首先将变量 V_1 及 V_2 映射到 U_1 及 U_2 上，这里的 U_1 及 U_2 均服从标准正态分布。这种映射为分位数与分位数（percentile-to-percentile）之间的一一映射，V_1 分布上的1%的分位数被映射到 U_1 分布上的1%的分位数；V_1 分布上10%的分位数被映射到 U_1 分布上10%的分位数，等等。对于 V_2，我们也做类似的映射。表10-1显示 V_1

⊖ 这一习惯性假设并不是唯一选择，关于两个服从正态分布的变量，我们可以通过许多不同的方式来使得两个变量相互关联，例如，我们可以令 $V_2=V_1$，当 $V_1 \leqslant k$ 时；$V_2=-V_1$，当 $V_1>k$ 时，练习题10.1是另一实例。

的值如何被映射到 U_1 上，表 10-2 显示 V_2 的值如何被映射到 U_2 上。在表 10-1 中，当 $V_1=0.1$ 时，对应于（求取三边形面积）0.1 的累积概率为 $0.5\times0.1\times1=0.05$，即 5%，$V_1=0.1$ 的值被映射到标准正态分布 5% 的分位数，其值为 -1.64[1]。

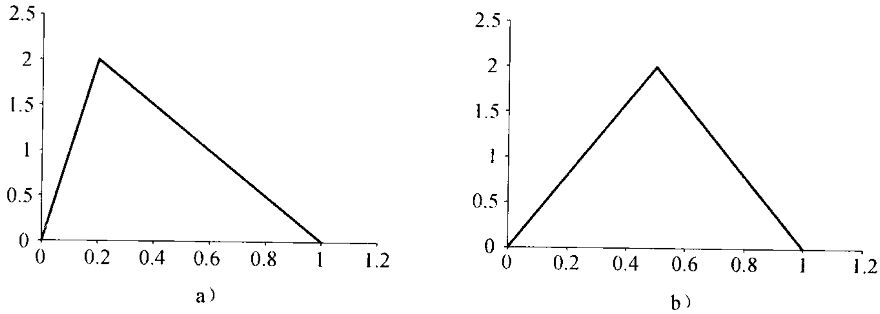


图 10-2 V_1 及 V_2 服从某种三角分布

表 10-1 V_1 到 U_1 的映射

V_1 的取值	分布的分位数	U_1 的取值
0.1	5.00	-1.64
0.2	20.00	-0.84
0.3	38.75	-0.29
0.4	55.00	0.13
0.5	68.75	0.49
0.6	80.00	0.84
0.7	88.75	1.21
0.8	95.00	1.64
0.9	98.75	2.24

表 10-2 V_2 到 U_2 的映射

V_2 的取值	分布的分位数	U_2 的取值
0.1	2.00	-2.05
0.2	8.00	-1.41
0.3	18.00	-0.92
0.4	32.00	-0.47
0.5	50.00	0.00
0.6	68.00	0.47
0.7	82.00	0.92
0.8	92.00	1.41
0.9	98.00	2.05

变量 U_1 及 U_2 服从正态分布，我们假定 U_1 及 U_2 的联合分布为二元正态分布，在这种前提下我们可以推导出 V_1 及 V_2 的联合分布以及相关结构。Copula 函数的精髓就在于没有直接定义 V_1 及 V_2 的相关性，而是采取一种间接的方式来定义其相关性，我们将 V_1 及 V_2 映射到状态较好（well-behaved）的分布上，而对于这些状态较好的分布我们可以定义其相关性。

图 10-3 显示了采用 Copula 函数定义联合分布的过程，假定 U_1 及 U_2 的相关系统为 0.5，表 10-3 显示出 V_1 及 V_2 的联合分布。为了说明计算过程，我们首先考虑如何计算 $V_1<0.1$ 及 $V_2<0.1$ 的概率，从表 10-1 及表 10-2 出发，我们知道这一概率同 $U_1<-1.64$ 及 $U_2<-2.05$ 的概率相同，通过两元正态分布，我们可以得出在 $\rho=0.5$ 的情形下这一概率数值为 0.006[2]（在 $\rho=0$ 的情形下，这一概率仅仅为 $0.02\times0.05=0.001$）。

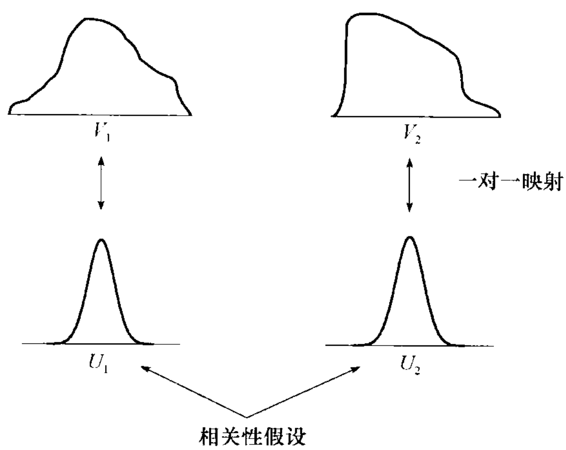


图 10-3 通过 Copula 函数来定义联合分布

[1] 在 Excel 中可采用公式 NORMSINV（0.05） = -1.64 来计算。
[2] 在作者的网页中，读者可以下载一个两元正态分布的 Excel 计算表。

表 10-3　在高斯 Copula 函数模型下，V_1 及 V_2 的联合概率分布

V_1	V_2								
	0.1	**0.2**	**0.3**	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**
0.1	0.006	0.017	0.028	0.037	0.044	0.048	0.049	0.050	0.050
0.2	0.013	0.043	0.081	0.120	0.156	0.181	0.193	0.198	0.200
0.3	0.017	0.061	0.124	0.197	0.273	0.331	0.364	0.381	0.387
0.4	0.019	0.071	0.149	0.248	0.358	0.449	0.505	0.535	0.548
0.5	0.019	0.076	0.164	0.281	0.417	0.537	0.616	0.663	0.683
0.6	0.020	0.078	0.173	0.301	0.456	0.600	0.701	0.763	0.793
0.7	0.020	0.079	0.177	0.312	0.481	0.642	0.760	0.837	0.877
0.8	0.020	0.080	0.179	0.318	0.494	0.667	0.798	0.887	0.936
0.9	0.020	0.080	0.180	0.320	0.499	0.678	0.816	0.913	0.970

注：相关系数 =0.5，该表显示出 V_1 及 V_2 分别小于某数值的联合概率。

U_1 及 U_2 的相关系数被定义为 Copula 相关系数，这一相关系数与通常意义上 V_1 及 V_2 的相关系数不同，因为 U_1 及 U_2 服从二元正态分布，U_2 的条件期望值与 U_1 有线性关系，U_2 的条件标准差为常数（在 10.3 节中曾有所讨论），但是对于 V_1 及 V_2 我们却没有类似的结论。

10.4.1　Copula 函数的代数表达形式

利用 Copula 模型来定义联合分布的方式可由图 10-3 来说明。为了能够以比较正规的形式来描述 Copula 函数，假定 G_1 及 G_2 分别为 V_1 及 V_2 的累积边际概率分布函数，我们将 $V_1=v_1$ 映射到 $U_1=u_1$，$V_2=v_2$ 映射到 $U_2=u_2$，映射方式如下

$$G_1(v_1) = N(u_1) \qquad 及 \qquad G_2(v_2) = N(u_2)$$

其中 N 代表累积正态分布函数，这意味着

$$u_1 = N^{-1}[G_1(v_1)], u_2 = N^{-1}[G_2(v_2)]; \qquad v_1 = G_1^{-1}[N(u_1)], v_2 = G_2^{-1}[N(u_2)]$$

变量 U_1 及 U_2 被假设为服从二元正态分布，Copula 函数的主要特征就是在定义其相关结构时，V_1 及 V_2 的边际分布没有任何改变（不管边际分布是何种形式）。

10.4.2　其他 Copula 函数

高斯 Copula 函数只是定义了 V_1 及 V_2 相关结构的某一种形式，还有许多其他 Copula 函数可以用于描述相关结构，其中一种 Copula 函数被称为 t-copula 函数，这种 Copula 函数同高斯 Copula 函数类似，其不同之处只是 U_1 及 U_2 被假定为服从二元学生 t-分布。对于一个有 f 个自由度、相关结构为 ρ 的学生 t-分布进行模拟抽样如下：

- 在一个反 Chi 平方分布（inverse chi-square）中进行抽样，抽样值为 χ（在 Excel 计算表中，我们可以采用 CHIINV 函数，第 1 个变量为 RAND( )，第 2 个变量为 f）。
- 如 10.3 节所述，在一个二元正态分布中进行抽样，这里的相关系数为 ρ。
- 将正态分布抽样值乘以 $\sqrt{f/\chi}$。

10.4.3　尾部相关性

图 10-4 显示了二元正态分布的 5 000 个抽样，图 10-5 显示了二元学生 t-分布的 5 000 个抽样，这里的相关系数均为 0.5，学生 t-分布的自由度为 4。在正态分布抽样中，价值大于 2.33 或小于 −2.33的抽样值被定义为尾部价值。类似地，在学生 t-分布抽样中，价值大于 3.75 或小于 −3.75

的抽样被定义为尾部价值，图 10-4 和图 10-5 中的横竖线显示了产生尾部价值的情形，图 10-4 和图 10-5 显示在二元学生 t-分布中两个变量同时产生尾部价值的情形要多于在二元正态分布中两个变量同时产生尾部价值的情形，换一种说法，二元学生 t-分布的尾部相关性要大于二元正态分布的尾部相关性。我们在前面提到，在极端市场条件下，变量之间的相关性往往会增加，这说明图 10-1c 对相关性的描述往往会比图 10-1a 更好，基于这一结果，有些研究人员相信学生 t-分布对市场变量相关性的变化的描述比高斯 Copula 更好。

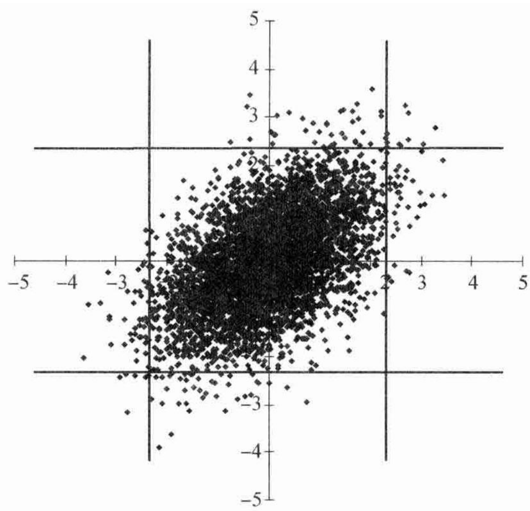


图 10-4　二元正态分布的 5 000 个抽样

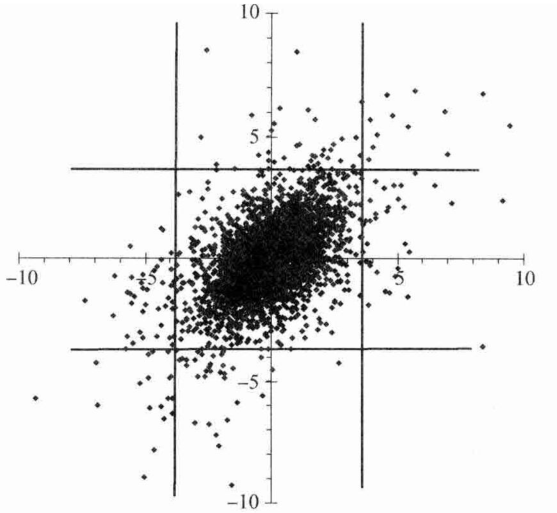


图 10-5　二元学生 t-分布的 5 000 个抽样

10.4.4　多元 Copula 函数

Copula 函数可以用于描述多于两个变量之间的相关结构，其中最简单的例子就是多元高斯 Copula 函数。假定我们已知 N 个变量 V_1，V_2，…，V_N 的边际分布，对于任意变量 i（$1 \leqslant i \leqslant N$），我们将 V_i 映射到 U_i，其中 U_i 服从标准正态分布（这里的映射是分位数之间的一一对应），我们最后假定 U_i，$1 \leqslant i \leqslant N$，服从多元正态分布。

10.4.5　因子 Copula 模型

在多元 Copula 模型中，市场分析员常常假定变量 U_i 之间的相关性由某种因子来决定。在单一因子模型中，由式（10-6），我们得出

$$U_i = a_i F + \sqrt{1 - a_i^2} Z_i \tag{10-8}$$

式中，F 及 Z_i 分别服从标准正态分布，Z_i 之间相互独立，Z_i 与 F 之间也相互独立。其他形式的因子 Copula 模型在选择因子时也通常要保证 F 及 Z_i 的期望值为 0、标准差为 1 的条件，但 F 及 Z_i 的分布可以是其他形式。例如，Z_i 为正态分布，F 为学生 t-分布，U_i 之间服从多元学生 t-分布。选择不同的分布会影响变量之间的相关性。

10.5　将 Copula 函数应用于贷款组合

在这里我们将讨论一元高斯 Copula 函数的一种应用，这对于我们理解第 11 章中的《新巴塞

尔协议》（Basel Ⅱ）资本要求中的公式会有所帮助。假定在一个贷款组合中涉及 N 个公司，定义 $T_i(1 \leqslant i \leqslant N)$ 为公司 i 的违约时间（我们假定所有的公司在最终总会破产——只是违约发生的时间在很久的将来，也许是在几百年后）。定义 Q_i 为 T_i 的累积概率分布。

为了应用一元高斯 Copula 模型来描述 T_i 之间的相关结构，我们将变量 T_i 的分位数与 U_i 的分位数之间进行一一对应的映射，我们假定 U_i 满足式（10-8），即

$$U_i = a_i F + \sqrt{1 - a_i^2} Z_i \tag{10-9}$$

式中，变量 F 及 Z_i 为相互独立的正态分布，Z_i 之间也相互独立。U_i 与 T_i 之间映射意味着

$$\mathrm{Prob}(U_i < U) = \mathrm{Prob}(T_i < T)$$

式中，

$$U = N^{-1}[Q_i(T)] \tag{10-10}$$

由式（10-9）得出，在因子 F 的条件下，$U_i < U$ 的条件概率为

$$\mathrm{Prob}(U_i < U \mid F) = \mathrm{Prob}\left(E_i < \frac{U - a_i F}{\sqrt{1 - a_i^2}}\right) = N\left(\frac{U - a_i F}{\sqrt{1 - a_i^2}}\right)$$

当满足式（10-10）时，以上概率与 Prob（$T_i < T \mid F$）等同，因此

$$\mathrm{Prob}(T_i < T \mid F) = N\left(\frac{N^{-1}[Q_i(T)] - a_i F}{\sqrt{1 - a_i^2}}\right) \tag{10-11}$$

为了简化运算，我们假定对于所有不同 i，违约时间的分布 Q_i 均等于 Q，这意味着所有公司之间的 Copula 相关系数均等同，此量被记为 ρ，因为公司 i 与公司 j 之间 Copula 相关系数为 $a_i a_j$，因此对于所有的 i，我们有 $a_i = \sqrt{\rho}$，式（10-11）变化为

$$\mathrm{Prob}(T_i < T \mid F) = N\left(\frac{N^{-1}[Q(T)] - \sqrt{\rho} F}{\sqrt{1 - \rho}}\right)$$

对于一个较大的贷款组合，以上表达式是对贷款组合违约比率的一种很好的估计，我们将以上表达式定义为违约率（default rate）。

当 F 减小时，违约率会增加，那么违约率的最坏状况是怎样的呢？因为 F 服从标准正态分布，$F < N^{-1}(Y)$ 的概率为 Y，违约率大于

$$N\left(\frac{N^{-1}[Q(T)] - \sqrt{\rho} N^{-1}(Y)}{\sqrt{1 - \rho}}\right)$$

的概率为 Y。

定义 WCDR(T, X) 为有 $X\%$ 把握，违约率没有被超过所对应的数量，因此我们有 $X\%$ 把握肯定违约率不会超过 WCDR(T, X)，将 $Y = 1 - X$ 代入以上表达式，因为 $N^{-1}(X) = -N^{-1}(1 - X)$，我们可求得 WCDR$(T, X)$ 的值

$$\mathrm{WCRD}(T, X) = N\left(\frac{N^{-1}[Q(T)] + \sqrt{\rho} N^{-1}(X)}{\sqrt{1 - \rho}}\right) \tag{10-12}$$

以上结果由 Vasicek 在 1987 年最先得出，上式右端可以很容易的由 Excel 计算表中的 NORMSDIST 和 NORMSINV 函数来计算[⊖]。假定，某交易组合的规模为 L，违约回收率为 R，在时间 T，在 X 置信区间的条件下，贷款组合的风险价值度为

$$\mathrm{VaR}(T, X) = L \times (1 - R) \times \mathrm{WCDR}(T, X)$$

⊖ 见 O. Vasicek "Probability of Loss on a Loan Portfolio," Working Paper KMV，1987。Vasicek 的结果也发表在2002 年12 月期的 *Risk* 杂志上，文章的标题为 "Loan Portfolio Value"。

例 10-2

假定一家银行持有价值 1 亿美元的零售贷款，每一贷款的年违约概率为 2%，违约时贷款平均收回价值为 60%，Copula 相关系数估测值为 0.1，此时，

$$\text{WCDR}(1,0.999) = N\left(\frac{N^{-1}(0.02) + \sqrt{0.1}N^{-1}(0.999)}{\sqrt{1-0.1}}\right) = 0.128$$

以上计算显示我们有 99.9% 的把握肯定违约率不会大于 12.8%，这一最糟糕的违约率触发的损失为 100×0.128×(1－0.6)，即 513 万美元，这是一年展望 99.9% 置信度下的 VaR。

10.6 小结

风险管理人员常常采用协方差来描述变量之间的相互关系，每天协方差是指变量每天变化的相关系数乘以变量每天的波动率。监测协方差的方法同第 9 章中监测方差的方法相似，风险管理人员常常跟踪风险变量的方差-协方差矩阵。

一个变量的边际分布是指变量的无条件分布，风险分析人员在产生边际分布后往往还需要描述及估计相关结构，当变量服从正态分布时，很自然我们会假设变量之间服从多元正态分布。在其他情形下，我们需要采用 Copula 函数来描述相关结构，这时我们将变量的边际分布的分位数以一对一的形式映射到正态分布（或者其他多元分布），我们寻求的变量之间的相关结构由映射后的变量的相关结构来确定。

在多变量情形下，市场分析员常常采用因子模型，因子模型可以用于减少估计相关系数的数量，任意两个变量的相关系数可以通过因子之间的相关性求得，公司之间的违约相关性可以通过以因子模型为基础的违约时间 Copula 模型来进行模拟。

对于风险管理人员而言，Copula 函数的一个重要用途在于计算贷款组合的 VaR，风险人员常常假设不同贷款违约时间的概率分布是由一元 Copula 模型来确定，因此，一个大型贷款组合的违约次数分布的分位数可以通过因子概率分布的分位数来计算。我们在第 11 章将看到，通过采用这种办法，我们可以计算《新巴塞尔协议》所要求的银行的信用风险资本金数量。

推荐阅读

Cherubini, U., E. Luciano, and W. Vecchiato, *Copula Methods in Finance*. Wiley, 2004.

Demarta, S., and A. J. McNeil, "The *t* Copula and Related Copulas," Working paper, Department of Mathematics, ETH Zentrum Zurich, Switzerland.

Engle, R. F. and J. Mezrich, "GARCH for Groups," *Risk*, August 1996: 36－40.

Vasicek, O., "Probability of Loss on a Loan Portfolio," Working Paper, KMV, 1987. Published in *Risk* magazine in December 2002 under the title "Loan Portfolio Value".

练习题

10.1 假定变量之间的相关系数已知，还需要什么样的信息来计算协方差？

10.2 相关系数与关联性的不同之处是什么？假定 $y = x^2$，x 服从正态分布，期望值为 0，标准差为 1，x 与 y 之间的相关系数为多少？

10.3 什么是因子模型？为什么可以采用因子模型来描述大量变量之间的相关性？

10.4 半正定矩阵的含义是什么？一个相关矩阵不满足半正定条件的后果是什么？

10.5 假定资产 A 及 B 的每天波动率分别为 1.6% 及 2.5%，资产 A 及 B 在昨天交易日末的价格为 20 美元及 40 美元，昨天资产回报相关系数的估计值为 0.25，EWMA 模型中的 λ 参数为 0.95，(a) 计算资产之间当前的协方差；(b) 假定在今天交易结束时，资产价格分别为 20.50 美元及 40.50 美元，相关系数的最新估计为多少？

10.6 假定资产 X 及 Y 的当前日波动率分别为 1.0% 及 1.2%，昨天在交易日结束时资产价格分别为 30 美元及 50 美元，资产回报的相关系数为 0.5，在这里我们采用 GARCH(1, 1) 模型来计算更新相关系数及波动率，GARCH(1, 1) 模型中的参数估计为 $\alpha=0.04$ 及 $\beta=0.94$，在相关系数估计中采用 $\omega=0.000\,001$，在波动率估计中采用 $\omega=0.000\,003$。假如在今天交易结束时，资产价格分别为 31 美元及 51 美元，相关系数的最新估计为多少？

10.7 假定在练习题 9.15 中，S&P 500（以美元计）与 FTSE 100（以英镑计）的相关系数为 0.7，S&P 500与美元/英镑汇率的相关系数为 0.3，S&P 500 的每天波动率为 1.6%，将 FTSE 100 转换为美元后与 S&P 500 的相关系数为多少？（提示：对于 3 个变量 X，Y 及 Z，$X+Y$ 同 Z 的协方差等于 X 与 Z 的协方差和 Y 与 Z 的协方差的和）。

10.8 假定两个变量 V_1 及 V_2 服从均匀分布（uniform distribution），此分布中的数值介于0 ~ 1 之间，并且有均等出现的概率，采用高斯 Copula 函数来定义 V_1 及 V_2 的相关结构，在这里 Copula 相关系数为 0.3，将 V_1 及 V_2 的数值分别设定为 0.25，0.5 及 0.75，请产生类似表 10-3 的表格（在作者的网页中读者可以下载计算二元正态分布的计算表）。

10.9 假定有 3 组相互独立并服从正态分布的变量 z_1，z_2，z_3，想从这 3 组变量中由 Cholesky 分解来产生服从三元正态分布的随机变量 e_1，e_2，e_3，请求出由 z_1，z_2，z_3 及变量之间的相关系数组成的 e_1，e_2，e_3 的表达式。

10.10 尾部相关性的含义是什么？如何采用不同的 Copula 函数来改变尾部相关性？

10.11 假定 V_1 及 V_2 的边际分布分别为标准正态分布，请采用自由度为 4，相关系数为 0.5 的学生 t-分布来定义变量之间的相关性，并构造图表来显示相关分布的抽样值。

10.12 在表 10-3 中，在 $V_1<0.1$ 条件下，V_2 的概率密度函数是什么？请将这一密度函数同 V_2 无条件分布进行比较。

10.13 在表 10-1 及表 10-2 中，假定 $V_1=0.2$，此时 V_2 分布的中位数（Median）为多少？

10.14 假定银行有一大数量贷款，数量为 5 亿美元，贷款的违约概率为 1.5%，违约时的损失率为 70%，银行采用高斯 Copula 函数来模拟违约时间，Copula 函数中相关系数为 0.2，请估计在 99.5% 概率下贷款组合损失没有被超过的数量。

作业题

10.15 假定在昨天交易结束时黄金价格为 300 美元，价格日波动率为 1.3%，今天黄金价格在交易结束时为 298 美元，假定在昨天交易结束时的银价为 8 美元，价格每天波动率为 1.5%，银价与黄金价格的相关系数为 0.8，今天在交易结束时银价同昨天相同，即8 美元。请求出最新黄金价格及银价的波动率及相关系数，在计算中请采用 (a) EWMA 模型，参数 $\lambda=0.94$；(b) GARCH(1, 1) 模型，其中模型参数 $\omega=0.000\,002$，$\alpha=0.04$ 及 $\beta=0.94$。在实践中，对于黄金价格及银价采用的 ω 参数是否相同？

10.16 指数分布的概率密度函数为 $e^{-\lambda x}$，其中 x 为自变量，λ 为参数，指数分布的累积概率分布为 $1-e^{-\lambda x}$。假定变量 V_1 及 V_2 均服从指数分布，其对应的参数 λ 分别为 1.0 及 2.0，采用高斯 Copula 函数来定义 V_1 及

V_2 的相关结构，其中 Copula 相关系数为 -0.2，产生与表 10-3 类似的表格，其中 V_1 及 V_2 的值分别为 0.25，0.5，0.75，1，1.25 及 1.5（在作者的网页中读者可以下载一个计算累积二元正态分布的计算表）。

10.17 在 Excel 计算表中产生一个类似图 10-5 的图形，请在图形中显示自由度为 4，相关系数为 0.5 的二元学生 t-分布的抽样值。进一步，假定 V_1 及 V_2 的边际分布分别为自由度为 4 的学生 t-分布，采用高斯 Copula 函数来定义 V_1 及 V_2 的相关结构，Copula 相关系数为 0.5，请画出图形来显示联合分布的抽样，并比较图形。

10.18 假定一家银行有一大数量贷款，贷款的年违约概率为 1.2%，这家银行采用高斯 Copula 函数来模拟违约时间，求在 99.97% 的把握下，贷款损失的最坏数量（99.97%，worst case）非常有意义，请展示对应于不同的 Copula 相关系数，这一最坏损失数量会有什么样的变化。

CHAPTER 11 第11章

银行管理条约、《新巴塞尔协议》和偿付能力法案Ⅱ

在第2章、第3章和第4章中，我们对不同类型的金融机构进行了描述，并简要介绍了相应的监管方式，本章我们将详细介绍金融监管环境，本章的重点是关于银行，这是因为银行监管人员对金融机构资本金管理方法的发展确实起到领导作用。

在本章的开篇，我们首先回顾一下20世纪80年代到2000年之间银行监管的进化，我们将解释1988年的《巴塞尔协议》（即Basel Ⅰ）、净额计算方法（netting provision）和1996年的修正案（1996 Amendment），随后我们将讨论《新巴塞尔协议》（即Basel Ⅱ），这一协议在2007～2009年得以实施。最后，我们将讨论偿付能力法案（即Solvency Ⅱ），该法案类似于《新巴塞尔协议》，但该法案是针对于保险公司，这一法案预计在2012年会在欧盟地区实施。

11.1 对银行资本进行监管的原因

监管要求银行要持有足够的以应对自身风险的资本金，完全消除银行破产的可能性是不切实际的，但政府想做到的是保证任何一家银行破产的概率达到极小，并因此提供一个稳定的经济环境，以确保个人及企业对银行系统的信心。

一些人推崇以下观点："对银行进行监管没有什么必要，即使不设定监管条例，银行仍然会谨慎地管理其面临的风险，并且保证自身资本金水平与自身面临的风险一致。"不幸的是，以历史的角度来看，以上观点并不正确。毫无疑问，银行管理条例对于增加银行资本金起了非常重要的作用，政府监管使得银行对自身所面临的风险有了更好的认识。

如第2.3节所示，政府对存款提供保护的目的是为了保护存款人的利益。如果没有存款保险，承担不适宜风险的银行会有困难来吸引存款人，存款保险制度的存在给存款人带来了一个稳定的环境，存款人不需要精心地挑选存款银行，银行在承担巨额风险时无须担心失去存款客户群体⊖。

⊖ 如第2章所示，这一现象对应于保险公司面临的道德风险（moral hazard），即保险条约的存在会改变投保人的行为。

但政府最不愿意看到的是存款制度造成银行承担更多的风险，在存款保险制度下，并伴有资本金制度是政府确保金融系统稳定的关键。

监管人员最大的担心是系统风险，该风险是指某家大银行的倒闭会造成其他大银行的倒闭，从而触发整个金融系统崩溃，业界事例11-1描述了系统风险的产生过程。一个大型银行或金融机构出现生存危机时，政府会左右为难，如果不出手相救，银行破产可能会将整个系统拖垮；如果出手相救，这可能是给市场发出了错误信号，如果政府出面相救，一些大的金融机构会对自身所面临的风险熟视无睹，因为它们认为自身具有“大而不倒效应”（too big to fail），这些大的金融机构会认为当自身运作出现问题时，政府总会出面相救。

2007~2008年市场震荡中，美国和欧洲政府出面拯救了许多大型金融机构，却在2009年9月让雷曼兄弟破产，美国政府这么做可能是想告诉市场，政府救助不是总会有，政府让雷曼兄弟破产的做法受到抨击，因为这么做确实使得危机变得更加恶化，也造成金融机构给非金融机构贷款时变得更加谨慎。

业界事例11-1

系统风险

系统风险是指因某一家金融机构违约而促成的连锁反应（ripple effect），一家银行违约会触发其他银行违约，从而对整个金融系统的稳定性产生威胁。这是因为在市场上存在大量的场外交易。当银行A破产时，银行B因为与银行A的交易而蒙受损失，这些损失可能会造成银行B破产，银行C可能同银行A及B之间有交易，因此银行C也可能会遭遇巨大损失，从而这也会给银行C的运作带来巨大困难，这一连锁现象有可能进一步持续。

金融系统成功地经历了1990年的德崇证券及1995年的巴林银行违约，但监管人员仍然忧心忡忡。

在2007~2008年金融动荡中，许多大型金融机构被拯救，因为政府考虑到要防止系统风险。

11.2 1988年之前

在1988年之前，不同国家的银行监管机构通过设定资本金占整体资产的最低比率来达到监管目的，但是不同的国家对于资本金以及资本金同资产的比率的定义也往往不同，有些国家对于监管条规的要求比其他国家更为严格。一些国际性银行在监管条约较为宽松的国家的运作要比在监管条约严格的国家更有得天独厚的优势。另外，一些国际性银行在某些不发达国家，例如墨西哥、巴西、阿根廷的巨大的风险头寸以及对这些风险头寸的不同财务处理规则使得监管机构对于资本金持有率产生了疑问（见业界事例2-3）。

另外一个问题是银行之间的交易已经变得越来越复杂，场外衍生产品，例如，利率互换、外汇互换以及汇率期权等产品发展迅猛。这些产品增加了银行信用风险的暴露程度，例如，我们考虑利率互换合约，当互换合约对于银行有正的市场价值，即对交易对手有负价值时，如果对手违约，银行会遭受损失。许多较新的交易为表外型（off balance sheet），这意味着这些产品对银行报告中的资产量没有影响，因此这些产品对银行持有资本金的数量也不会产生影响，对于监管机构来讲，总资产量并不能准确反映银行整体风险的大小。由此可见，制定一个较为完善的管理方法，而不是仅仅简单地设定资本金同整体表内资产的最低比率非常有必要。

以上阐述的问题促成了比利时、加拿大、法国、德国、意大利、日本、卢森堡、荷兰、瑞典、瑞士、英国及美国的监管机构设定了巴塞尔银行监管委员会（Basel Committee on Banking Supervision），

这一委员会定期在瑞士的巴塞尔国际清算银行（Bank for International Settlements）召开会议，这些会议的第一项主要成果就是产生了“关于统一国际银行的资本计算和资本标准的报告”（International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards），这一条约被称为“1988年《巴塞尔协议》”（The 1988 BIS Accord）或简称为“协议”（Accord），近来这一协议也被称为Basel I。

11.3　1988年《巴塞尔协议》

1988年《巴塞尔协议》是监管部门第一次尝试以风险为基础来定义资本充足率的国际性条约。条约产生之后，有人曾指出这一条约过于简单随意，但事实上这一条约是一项伟大的成就，所有12个巴塞尔委员会的参与国均签署了这一协定，这一条约大大增强了银行的自身风险管理意识，同时也大大提高了银行对于风险管理的投入。

1988年《巴塞尔协议》定义了有关资本充足率的两个标准，第一个标准同1988年之前的标准类似，这一标准要求资产同资本金的比率不能超过20%（这一要求类似于1988年前，众多国家所设定的资本金要求），第二个引入的标准被称为库克（Cooke）比率[⊖]。大多数银行在满足资产与资本金比例方面没有太多问题，而第二个有关库克比率的标准才是管理条约的关键。

11.3.1　库克比率

在计算库克比率时，表内及表外所有资产项目都被纳入考虑范围，用于计算银行的风险加权资产总量（risk-weighted assets），有时也被称为风险加权总量（risk-weighted amounts）这一风险总量进而用于测定银行的整体信用暴露程度。

首先让我们考虑表内资产，表内每一项资产都对应于一权重，这一权重反映了资产所对应的风险。在表11-1中，我们展示了协议中某些资产的权重，现金及OECD（经合组织）政府债券被认为是没有风险的资产，因此其对应权重为0，企业债券的权重为100%，OECD银行的贷款及政府管理部门所对应的权重为20%，无抵押房屋贷款的权重为50%。表内资产的整体加权平均总和为

$$\sum_{i=1}^{N} w_i L_i$$

式中，L_i 为面值数额；w_i 为风险权重。

表11-1　表内资产风险加权权重　（%）

风险权重（%）	资产类型
0	现金、金块、OECD政府债券、有保险的按揭贷款
20	OECD银行债券、OECD政府管理部门发行的证券（例如，美国政府机构证券）、市政债券
50	无保险的按揭贷款
100	企业债券、非发达国家发行的债券、非OECD国家银行债券、地产、楼宇、工厂、器械

例11-1

某银行的资产包括1亿美元的企业贷款，1 000万美元的OECD政府债券及5 000万美元的住房贷款，风险加权资产的总和为（以百万计）：

$$1.0\times 100+0.0\times 10+0.5\times 50=125$$

即12 500万美元。

⊖　这一比率以英格兰银行的Peter Cooke来命名。

表外资产的计算是通过等价信用量（credit equivalent amount）来表达的，简单地讲，等价信用量与某一贷款面值对等，而这一贷款面值的信用风险与所讨论的资产的信用风险等同，对于非衍生产品，等价信用量等于某转换因子乘以产品的面值。与贷款信用风险类似的产品，例如，银行承兑票据（banker's acceptance）的转换因子为100%，而其他保险证（即银行同意担保某家企业在将来某一时间以某些既定条款来发行短期债券）的转换因子会低一些。

对于场外衍生产品，例如利率互换或远期合约等，等价信用量的计算方式为

$$\max(V,0)+aL \tag{11-1}$$

式中，V为衍生产品合约的当前价值；a为附加因子；L为面值。式（11-1）的第1项为当前风险暴露，如果对手今天违约，而V为正，合同对于银行是资产，所以就会损失V；如果对手今天违约，而V为负，合同对于对手是资产，所以银行没有损失，也无收益。因此，银行的风险暴露$\max(V,0)$。第2项附加项aL是为了补充风险暴露在随时间变化增值的可能，表11-2列举了附加因子的数值。

表11-2 衍生产品附加因子（面值的百分比）和剩余期限

剩余期限（年）	利率	外汇及黄金	股票	宝石（不包括黄金）	其他商品
<1	0.0	1.0	6.0	7.0	10.0
1~5	0.5	5.0	8.0	7.0	12.0
>5	1.5	7.5	10.0	8.0	15.0

例11-2

一家银行持有面值为1亿美元的利率互换，剩余期限为4年，利率互换的当前价值为200万美元，在这一情形下，附加因子为0.5%，因此等价信用量为200万+50万=250万（美元）。

在计算风险加权资产时，等价信用量还要和与对手有关的风险加权因子相乘，这里的风险加权因子与表11-1中的因子相似，其不同之处是在考虑表外资产时，企业所对应的风险加权因子为0.5而不是1.0。

例11-3

考虑例11-2中的银行，当利率互换的对手为企业时，风险加权资产为250万×0.5=125万（美元），而当交易对手为OECD银行时，风险加权资产为250万×0.2=50万（美元）。

综上所述，我们得出，假如一家银行有N项表内资产及M项表外资产，风险加权资产的总和为

$$\sum_{i=1}^{N} w_i L_i + \sum_{j=1}^{M} w_j^* C_j \tag{11-2}$$

式中，L_i为第i项表内资产的面值；w_i为第i项资产的加权因子；C_j为第j项表外资产的等价信用量；w_j^*为与交易对手有关的风险因子。

11.3.2 资本金要求

1988年《巴塞尔协议》阐明银行持有的资本金至少是风险加权资产的8%，资本金的构成包含两项内容：

- 1类资本（tier 1 capital），这类资本包含股本及除去商誉价值的非累积永续优先股[⊖]（non-cumulative perpetual preferred stock）。

⊖ 非累积永续优先股的期限为无限长，股息为某一指定利率，没有付出的股息不累积（即某年末付的股息不延续到第2年）。

- 2类资本（tier 2 capital），这类资本为附属资本，它包括累积永续优先股[⊖]（cumulative perpetual preferred stock）、一定类型的99年期限债券以及期限大于5年的次优先级债券。

协议要求银行资本金中1类资本不得低于50%（即风险加权资产的4%），巴塞尔委员会在1998年发布的公告中对1类资本的类型又有了进一步更新。

11.4 G30政策推荐

在1993年，一个由衍生产品用户、交易商、学术界人士、财会专家及衍生产品律师组成的工作小组推出一个报告。这个报告给衍生产品交易商以及用户提出20项有关衍生产品的管理办法，同时这一报告也给立法人、监管及督查机构提出了4项建议。这一报告是基于对全球80个交易商及72个产品用户的调查结果，在调查中采用了答卷及采访形式。这一报告虽然不是监管条例，但报告的推出直接影响了风险管理的实践过程，报告的内容简介如下：

- 一个公司的风险管理政策必须在公司的高层，最好是董事会得以确认及通过，公司不同层次的管理层必须贯彻执行风险管理政策。
- 衍生产品必须在每一天都要盯市计价（mark to market）。
- 衍生产品交易商必须采取一致性的风险管理度量，例如，利用风险价值度（value-at-risk）来检测市场风险，对持有的市场风险必须设定额度。
- 衍生产品交易商必须采取压力测试来求得在最不利的市场条件下所面临的风险。
- 公司必须建立与交易平台相独立的风险管理部门。
- 衍生产品交易的信用风险的测定必须与当前的互换价值以及将来的互换价值有关。
- 计算对手的信用风险总和必须反映可执行的净额结算（netting）协定（11.5节我们将讨论净额结算这一概念）。
- 公司设定信用风险额度的管理人员必须与交易人员独立。
- 交易商及用户必须谨慎设定信用风险缓释策略。例如，交易商必须理解抵押品（collateralization）及降级触发（downgrade trigger）等策略所带来的得与失。交易商及用户必须检验自身及交易对手在信用等级恶化时是否有能力支付现金流（信用风险缓解技巧将在第15章中讨论）。
- 只有具备合适背景及经验的人员才能参与衍生产品的交易、监督及后台管理等。
- 公司必须具备足够完善的系统来采集交易数据、处理交易、进行结算及产生交易报告。
- 交易商及用户应采用衍生产品来管理和对冲风险，并且对衍生产品及被对冲产品的收入有较为清楚的认识。

11.5 净额结算

净额结算是指在场外衍生产品合约中，如果交易的一方在与某一交易对手的一份合约中违约，那么这一方必须在与同一对手的所有合约中违约。

净额结算的直接效应是减少信用风险。假定，一家银行与某一交易对手有3笔互换交易，对于银行而言，这3笔合约的价格（以美元计）分别为+2 400万、-1 700万及+800万，假如交易对手因为账务困难而不能履行义务，对于交易对手而言，3个合约的价值分别为-2 400万、+1 700万

⊖ 在累积永续优先股中，没有付的股息必须在一般股票（common stock）付股息之前付清。

及 -800 万。在没有净额结算的情况下，交易对手会对第 1 个合约违约，保存第 2 个合约，对第 3 个合约违约，此时银行损失 3 200 万（=2 400 万 +800 万）；在有净额结算的情况下，交易对手在违约时也一定对第 2 个合同违约，因此银行的损失只有 1 500 万（=2 400 万 -1 700 万 +800 万）[⊖]。

假如一个金融机构与某交易对手有 N 笔交易，第 i 笔交易的当前价值为 V_i，在没有净额结算的情况下，交易对手违约时触发的损失为

$$\sum_{i=1}^{N} \max(V_i, 0)$$

在有净额结算的情况下，交易对手违约触发的损失为

$$\max\left(\sum_{i=1}^{N} V_i, 0\right)$$

在没有净额结算的情形，风险头寸类同于期权的交易组合；而在有净额结算的情形，风险头寸类同于交易组合的期权。

1988 年《巴塞尔协议》没有考虑净额结算的效果，由式（11-1）得出，对于某交易对手的等价信用量为

$$\sum_{i=1}^{N} [\max(V_i, 0) + a_i L_i]$$

式中，a_i 为第 i 个交易的附加因子；L_i 为第 i 个交易的面值。

截止到 1995 年，净额结算在许多国家得到了认可，因此，1988 年的条约得以修改，当交易可能实施净额结算时，银行可以采用净额结算来减少其等价信用风险量，这样做首先要计算净替换比率（net replacement ratio，NRR），这一比率等于有净额结算的头寸与无净额结算的头寸的比率，即

$$NRR = \frac{\max\left(\sum_{i=1}^{N} V_i, 0\right)}{\sum_{i=1}^{N} \max(V_i, 0)}$$

等价信用量的计算被修改为

$$\max\left(\sum_{i=1}^{N} V_i, 0\right) + (0.4 + 0.6 \times NRR) \sum_{i=1}^{N} a_i L_i$$

例 11-4

表 11-3 显示某家银行与某交易对手有 3 笔衍生产品合约，第 3 列显示合约的当前市场，第 4 列显示由表 11-2 得出的附加因子。在有净额结算的情形，当前头寸为 -60 +70 +55 =65，而在无净额结算的情形，当前头寸为 0 +70 +55 =125，因此净替换比率为

$$NRR = \frac{65}{125} = 0.52$$

所有附加量总和为 $\sum_{i=1}^{N} a_i L_i = 5 + 75 + 30 = 110$。在有净额结算的情形下，等价信用量为 65 +（0.4 +0.6 × 0.52）×110 =143.32；在无净额结算的情形，等价信用量为 125 +110 =235。假定交易对手为某 OECD 银行，其对应风险权重为 0.2，这意味着在有净额结算的情形，风险加权资产为 0.2 ×143.32 =28.66；在没有净额结算的情形，风险加权资产为 0.2 ×235 =47。

表 11-3 银行与某交易对手的 3 笔衍生产品交易

交易类型	面值 L_i	当前价值 V_i	由表 11-2 得出附加因子 a_iL_i
3 年利率互换	1 000	-60	5
6 年外汇远期	1 000	70	75
9 个月期期权	500	55	30

⊖ 对于银行而言，如果第 2 个合约的价值为 -4 000 万，交易对手会选择对于银行的交易均不违约。

11.6 1996年修正案

在1995年，巴塞尔委员会对1988年的协议提出了一个修正案，这一修正案在后来被称为1996年修正案（1996 Amendment），在1998年被得以实施，所以有时这一修正案也被称为“BIS 1998”，修正案包括对交易资产和负债设定资本金。

盯市计价（marking to market）是指对资产和负债每天进行定价，这一做法也被称为是公允价值会计制度（fair-value accounting），对于交易产品，无论是资产还是负债，银行要采用公允价值会计制度，这些产品包括大部分衍生产品、可变卖（marketable）股票证券、外汇和商品，这些产品构成了银行的交易账户（trading book）。对于那些一直会被持有到满期的投资资产，银行不需要实行公允价值会计制度，这些资产包括贷款及某些债券，这些产品构成了银行的银行账户（banking book），除非可以确信本金不会再支付，这些产品会以历史费用来计入账户（见2.7节）。

在1996年修正案中，巴塞尔委员会在1988年所提出的信用风险资本金对交易及银行账户中的表内及表外资产仍然适用，但这一信用风险资本金对于以下产品不适用：（a）债券及股票交易；（b）商品及外汇交易。另外，在1996年修正案中，对于交易账户中无论是表内还是表外资产均设定了市场风险资本金[⊖]。

1996年修正案提出了一种计算市场资本金的标准法，它对不同种类的债券、股票、外汇、商品及期权等产品均设定了不同的资本金要求，但对于不同产品之间的相关性没有特殊处理。较为发达并且具备完善风险管理功能的银行可以采用内部模型法（internal model-based approach）来计算市场资本金，内部模型法采用风险价值度及在1996年修正案中阐明的公式来计算市场资本金数量。大部分规模较大的银行都希望采用内部模型法，因为这一方法充分体现了风险投资多元化的好处，内部模型法所产生的市场资本金量往往低于标准法所产生的资本金数量。

监管部门采用的检验市场风险的风险价值度指的是交易账户的资产在10天展望期内，在1%的可能性下的损失量。假定风险价值度为100万美元，这时银行有99%的把握，在今后10天的损失不会超过100万美元。

采用内部模型法，银行计算的市场资本金量为

$$k \times VaR + SRC \tag{11-3}$$

式中，k为乘积因子；SRC是指特定风险资本金数量；风险价值度（VaR）是昨天的VaR值与过去60天VaR的平均的最大值；常数k的最小值为3，如果监管部门发现银行内部模型有缺陷时，k的值也可能会更大。

特定风险资本金SRC是为企业的特殊风险而设定，一种可以带来特殊风险的金融产品是企业债券。企业债券包含两种风险：利率风险及信用风险，利率风险已经在银行的市场风险价值度中有所体现；这里的信用风险也就是特定风险[⊜]，1996年修正案对于计算特定风险提出了一种标准方法，但同时也允许银行采用类似计算市场资本金的内部模型法来计算特定资本金，SRC是采用10天展望期、99%的置信度计算得出。

在完成实施1996年修正案后，银行（实施内部模型的银行）的整体资本金包括：（a）信用资本金（此量是由式（11-2）给出的风险加权资本（RWA）的8%）；（b）由式（11-3）给出的市场资本金。为了方便起见，对于市场资本金，RWA等于12.5乘以由式（11-3）计算所得的数量，

⊖ 如果某些非交易账号的交易是为了对冲交易账号中的风险头寸，这些交易也应该包括在市场资本金的计算中。

⊜ 如同以上的讨论，1988年的信用资本金对于1996年修正案定义的交易账户中的债券不适用。

这意味着信用及市场资本金的总和为

$$\text{整体资本金} = 0.08 \times (\text{信用风险加权资产} + \text{市场风险加权资产}) \tag{11-4}$$

银行对于用于市场风险的资本类型有更多选择，可以采用1类及2类资本，也可以采用3类资本，3类资本是指原始期限至少为两年的次级无抵押并无付款拖欠的短期债券。

11.6.1 1天与10天的VaR

银行往往会首先计算1天在99%置信度下的VaR，监管明确指出10天在99%置信度下的VaR可以通过由$\sqrt{10}$乘以1天在99%置信度下的VaR来求得，这意味着，如果资本金等于一个常数k乘以10天在99%置信度下的VaR，实际效果是资本金等于$k \times \sqrt{10} = 3.16k$乘以1天在99%置信度下的VaR。

11.6.2 回顾测试

1996年修正案要求银行在计算1天在99%置信区间的VaR以后，要通过250天的历史数据来对模型进行测试。如8.8节所示，测试过程包括利用计算VaR的现行程序来对过去最近250天的VaR进行估算，如果在某一天的实际损失超出了那一天的VaR，这一天被称为是例外（exception），计算过程通常是：(a) 对于被计算的一天，包括交易组合的在这一天的变化；(b) 对于被计算的一天，假定交易组合在这一天没有变化（监管人员对前一种计算更感兴趣）。

如果在过去250天内，例外天数小于5，常数k通常被设定为3；如果例外天数为5，6，7，8，9，常数k分别被设定为3.4，3.5，3.65，3.75，3.85。银行监管当局通常有权来决定是否要实施更高的常数。当根据例外次数可以确认模型确实有缺陷时，监管当局会选取更高的参数k来作为惩罚。在交易组合的变化触发例外的情况下，监管当局应考虑选取更高参数k，但不一定要实施。当例外发生的原因完全是由于运气差，修正案对监管当局没有提出建议；当例外天数为10天或更多时，修正案要求参数k等于4。练习题11.18以我们在第8.8节讨论的统计检验的角度，对以上指导进行了讨论。

11.7 《新巴塞尔协议》

1988年巴塞尔协议明显地改善了资本金的计算方法，但是仍存在许多明显的弱点，在1988年协议中，银行对所有企业的贷款权重为100%，只要贷款金额相同，所需求的资本金也相同，也就是银行对于一个信用等级为AAA的企业贷款的处理方式与一个信用等级为B的企业贷款的处理方式等同[1]。还有在1988年《巴塞尔协议》中，没有涉及破产相关性。

在1999年6月，巴塞尔委员会提出了一个新提案，这一提案被称为《新巴塞尔协议》，这一提案在2001年1月及2003年4月得到了修正。经过一系列的定量影响测算（quantitative impact studies，QIS）后，协议的制定人员初步检验了协议的应用性，并对协议所要求的资本金的数量有了一定的认识。在2004年6月协议的最终条款得到了所有参与成员的同意，在2005年11月提案得到了进一步更新，经过又一轮定量影响测算后，这一提案在2007年得到实施[2]。

---

[1] 在第14章中我们将讨论信用等级分类。

[2] 定量影响测算忽略了在《新巴塞尔协议》实施以后，银行可能调整其资产组合结构来使资本金需求量达到最小这一事实。

《新巴塞尔协议》对于活跃的大型国际银行较为适用，而在美国有许多地区性小银行，美国的监管部门认为《新巴塞尔协议》对这些小银行不适用（这些小银行的监管部门采用与《新巴塞尔协议》类似的 Basel IA 协议）。有一些规模较大的地区性银行可能会自愿地采用及实施《新巴塞尔协议》，以此向股东展示自身有较为发达的风险管理系统。在欧洲，银行无论大小都必须采用《新巴塞尔协议》，欧盟希望证券投资公司也像银行那样采用《新巴塞尔协议》。

《新巴塞尔协议》基于三个支柱：

- 最低资本金要求；
- 监督审查过程；
- 市场纪律。

在第 1 个支柱中，《新巴塞尔协议》对于银行账户中的信用风险计算采用了新的计算方式，这一方式体现了对手（借贷方）的信用风险。对于市场资本金，《新巴塞尔协议》对于 1996 年修正案没有任何改变。在《新巴塞尔协议》中增加了操作风险的资本金内容。在 1988 年《巴塞尔协议》中，银行持有的资本金数量（至少）为风险加权资产的 8%，《新巴塞尔协议》对这一要求保持不变。如果对于风险的资本金计算没有涉及 RWA，我们要将资本金乘以 12.5，将其转换为 RWA。因此我们得出以下关系式

$$整体资本金 = 0.08 \times (信用风险加权资产 + 市场风险加权资产 + 操作风险加权资产) \quad (11\text{-}5)$$

第 2 支柱是关于监督审查过程，这部分内容保证了世界不同地区的监管部门在寻求一致性地实施《新巴塞尔协议》的同时，仍对协议的贯彻有一定的发言权。这一支柱强调监管部门在问题发生时要尽早介入，监管部门所做的工作不只局限于确保银行的资本金达到最低要求，还包括确保银行有较好的风险管理能力，监管部门对银行的管理能力要进行评定，对《新巴塞尔协议》第 1 支柱没有涉及的风险要进行评估，并且在发现问题时与银行展开直接、积极的对话。

第 3 支柱是关于市场纪律，这一支柱要求银行自身要披露资本金分配的信息以及自身所承担的风险，其根本出发点就是使股东或潜在股东得知更多有关风险决策的信息，这种信息的透明度会激励银行谨慎经营业务。

11.8 《新巴塞尔协议》中的信用风险资本金

关于信用风险资本金计算，在《新巴塞尔协议》中银行有以下三种选择：

- 标准法；
- 基础内部评级（IRB）法；
- 高级内部评级法。

但是，美国（如上所述，只对大银行实行《新巴塞尔协议》）决定只采用内部评级法。

11.8.1 标准法

如果某些银行的管理还不够成熟，没有达到采用内部评级法的程度，这些银行可以采用标准法来计算资本金。标准法与《巴塞尔协议》类似，其不同之处在于风险权重的不同[⊖]，表 11-4 是对风险权重的一个总结，将表 11-4 同表 11-1 进行比较，我们看到一个银行所在国家的 OECD 身份在《新巴塞尔协议》中已经不重要，对于一个主权国家的风险权重范围为 0 ~ 150%，而对于一家银行或企业的风险权重范围为 20% ~ 150%。在表 11-1 中，OECD 银行信用风险小于企业风险，

⊖ 采用新权重计算的比率有时被称为是 McDonough 比率，即以 Basel 委员会主席的 William McDonough 来命名。

OECD 银行风险权重为 20%，而企业的风险权重为 100%，表 11-4 对于银行及企业的处理方式较为接近。表 11-4 有一点非常有趣，如果一个国家的企业或银行的信用级别较低，在贷款中其所受的待遇要比没用信用级别的客户所受的待遇还要差，监管机构允许银行对自己注册国家或中心银行采用更低的风险权重（20% 对应于 50%，50% 对应于 100%，100% 对应于 150%）。

表 11-4 《新巴塞尔协议》标准法中关于国家、银行及企业的风险权重与信用级别有关

交易类型	AAA 至 AA -	A + 至 A -	BBB + 至 BBB -	BB + 至 BB -	B + 至 B -	低于 B -	无级别
3 年利率互换①	0	20	50	100	100	150	100
6 年外汇远期②	20	50	50	100	100	150	50
9 个月期期权	20	50	100	100	150	150	100

①包括对所在国的中央银行的头寸。
②国家监管机构的选择权力在正文中有所描述。

如果贷款客户为银行，计算规则会更加复杂，未采用由表 11-4 定义的风险权重，国家监管部门选择采用银行所注册的国家的权重来计算风险加权资产的权重，如果银行所注册的国家的评级介于 AAA 与 AA - 之间，风险权重为 20%；如果注册的国家的评级介于 A + 与 A - 之间，风险权重为 50%；如果注册的国家的评级介于 BBB + 与 B - 之间，风险权重为 100%；如果注册的国家的评级低于 B -，权重为 150%；而如果注册的国家没有评级，权重为 100%。另外一个复杂之处是当国家监管部门如果采用表 11-4 定义的规则，对于期限少于 3 个月的贷款处理可能更有利，当借贷方信用级别介于 AAA 与 BBB - 之间时，权重为 20%；借贷方信用级别介于 BB + 与 B - 之间时，权重为 50%；借贷方信用级别低于 B - 时，权重为 150%；而对应于无信用级别的情形，权重为 20%。

零售贷款的标准权重为 75%（1988 年协议的权重为 100%）；房屋贷款如果有房屋作为抵押，风险权重为 35%（1988 年协议的权重为 50%）；历史数据显示，商铺贷款损失较为严重，所以由商铺作为抵押的商铺贷款的权重为 100%。

例 11-5

假定某银行的资产构成为贷款方信用级别为 A 级的 1 亿美元贷款，1 000 万美元信用级别为 AAA 级的政府债券及 5 000 万美元房屋贷款。《新巴塞尔协议》标准法所计算的风险加权资产总和为：

$$0.5 \times 100 + 0.0 \times 10 + 0.35 \times 50 = 67.50$$

即 6 750 万美元，1988 年《巴塞尔协议》所计算的风险加权资产总和为 12 500 万美元（见例 11-1）。

11.8.2 对于抵押品的调节

关于抵押品银行可以采用两种方法来调整其风险权重，第一种方法被称为简单法（simple approach），这一方法同 1988 年《巴塞尔协议》中的方法类似；第二种方法被称为综合法（comprehensive approach）。对于银行账户中的资产，银行有权在两种方法中任选其一；而对于交易账户中的资产，在计算交易对手信用资本金时，银行只能采用综合法。

在简单法中，对应于抵押品所覆盖的风险头寸部分，交易对手的风险权重被抵押品的风险权重所代替（这里的头寸是通过净额结算所得）；对于抵押品未覆盖的部分，仍然采用交易对手所对应的风险权重。抵押品所对应的最小权重为 20%[⊖]，抵押品的价格必须要每 6 个月估价一次，

⊖ 当抵押品为与头寸相同的货币现金或政府债券时，这一规定并不成立。

抵押品的期限一定要大于风险头寸的期限。

在综合法中，银行要调节并加大自身的风险头寸暴露以反映将来市场变化而造成风险暴露的增加，同时银行应减少抵押品的价值以反映市场变化造成抵押品价格下降[⊖]（具体调整的幅度与头寸及贷款价格变化的波动率有关）。在进行调节后，新的风险头寸等于调整以后的风险暴露头寸减去调整后的抵押品价格。完成这些计算之后，我们采用的计算风险加权资产的权重与交易对手所对应的权重等同，对于风险暴露及抵押品的调整，银行可采用《新巴塞尔协议》中所设定的条款来进行计算，或者银行在经过监管部门批准之后，可采用内部模型对风险暴露及抵押品来进行调整。当存在净额结算条约时，风险暴露及抵押品都要单独进行净额结算处理，而最终的调节量为经过净额结算处理后的风险暴露及抵押品的某种加权平均。

例 11-6

假定某银行对于某交易对手的风险暴露头寸为8 000万美元，而这一头寸的抵押品的价值为7 000万美元，抵押品是由某信用评级为A的公司的债券组成，交易对手的信用级别为B+，对应于交易对手的权重为150%，而对应于抵押品的权重为50%，在简单法下银行的头寸所对应的风险加权资产为0.5×7 000万+1.5×1 000万=5 000万（美元）。

考虑综合法，假定风险暴露头寸在今后可能会增加10%，而抵押品价值可能会减少15%，因此经过调整后的风险暴露头寸为1.1×8 000万-0.85×7 000万=2 850万（美元），对应于这一头寸的风险权重为150%，我们得出风险加权资产为4 275万美元。

11.8.3　内部评级法

图11-1显示了IRB内部评级（IRB）方法中的模型，监管人员将资本金建立在风险价值度的基础上，而风险价值度的计算要选定1年展望期及99.9%的置信区间，他们认识到金融机构在产品定价时往往已经了考虑了预期亏损（例如，银行贷款的利息是为了覆盖贷款预期亏损），资本金应该等于VaR减去预期亏损。

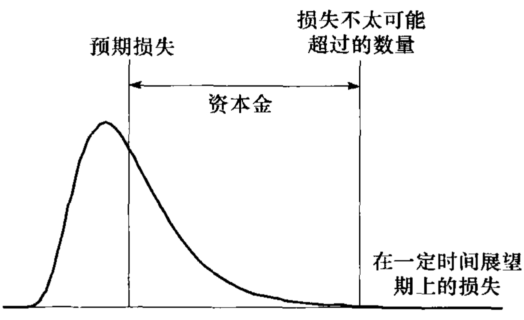


图11-1　损失概率密度函数以及金融机构所需要的资本金

这里的VaR的计算是基于10.5节中的违约时间单因子模型，假定某银行有一个大数量的贷款义务人（obligor），每个义务人在1年内违约概率均为PD，义务人之间的Copula相关系数均为ρ[⊜]，式(10-12)显示在99.9%把握之下，违约率不会超过的数量为

$$WCDR = N\left(\frac{N^{-1}(PD) + \sqrt{\rho}N^{-1}(0.999)}{\sqrt{1-\rho}}\right) \tag{11-6}$$

$WCDR$代表我们有99.9%的把握，该数量不能超过“最糟糕情形的违约率”。因此，对于一个大的资产组合（由贷款、贷款承诺、衍生产品组成），每个资产违约概率为PD，Copula相关系数均为ρ，有99.9%的可能，资产的损失小于

$$\sum_i EAD_i \times LGD_i \times WCDR$$

⊖ 对于贷款这一调整并不是十分必要，而对于场外型的衍生产品，这一调整就十分必要，这一调整是在附加因子之上的额外调整。

⊜ 在巴塞尔委员会的报告中，Copula相关系数被记为R而不是ρ。

式中，EAD_i 为关于第 i 个交易对手在违约时的风险敞口，LGD_i 是关于第 i 个交易对手的违约损失率，变量 EAD_i 是一个货币量，是指在违约发生时，第 i 个交易对手所欠的数量，如果该交易对应于一个单笔贷款，该数量应等于贷款的既存本金；如果该交易对应于一个互换或其他衍生产品，我们必须对等价信用量进行估计，然后求得 EAD_i(见第 11.3 节在《巴塞尔协议》中计算等价信用量的标准方式)；如果与第 i 个交易对手进行了若干交易，在计算过程中我们需要采用类似 11.5 节中的讨论来进行净值结算。变量 LGD_i 是基于 EAD_i 的比率，是指在违约时损失所占 EAD_i 的比率，例如，在违约时，如果一家银行会收回其 30% 欠收款项，$LGD_i = 0.7$。

违约造成的预期亏损为

$$\sum_i EAD_i \times LGD_i \times PD$$

图 11-1 所示的资本金等于 99.9% 置信区间所对应的最糟糕的损失减去预期亏损，即

$$\sum_i EAD_i \times LGD_i \times (WCDR - PD) \tag{11-7}$$

当交易对手具有不同的 PD 和不同的相关系数 ρ 时，利用一个 Copula 模型的推广，我们可以得出图 11-1 所对应的资本金数量为

$$\sum_i EAD_i \times LGD_i \times (WCDR_i - PD_i)$$

式中，PD_i 和 $WCDR_i$ 分别为对应于第 i 个交易的 PD 和 $WCDR$。

表 11-4 显示 $WCDR$ 与 PD 及 ρ 有关，当 $\rho = 0$ 时，因为资产之间没有相关性以及每一年违约率等同，所以 $WCDR = PD$，当 ρ 增加时，$WCDR$ 也会随之增加。

表 11-5 *WCDR* 与 *PD* 及 ρ 的关系 (%)

	$PD = 0.1\%$	$PD = 0.5\%$	$PD = 1\%$	$PD = 1.5\%$	$PD = 2.0\%$
$\rho = 0.0$	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0
$\rho = 0.2$	2.8	9.1	14.6	18.9	22.6
$\rho = 0.4$	7.1	21.1	31.6	39.0	44.9
$\rho = 0.6$	13.5	38.7	54.2	63.8	70.5
$\rho = 0.8$	23.3	66.3	83.6	90.8	94.4

11.8.4 企业、政府及银行的风险暴露

对于企业、政府及银行面临的风险暴露，《新巴塞尔协议》假定相关系数 ρ 与违约率之间存在如下关系式[⊖]

$$\rho = 0.12\frac{1 - \exp(-50 \times PD)}{1 - \exp(-50)} + 0.24\left[1 - \frac{1 - \exp(-50 \times PD)}{1 - \exp(-50)}\right]$$

这一公式是基于历史数据的某种实证公式，因为数量 exp(−50) 非常小，这一公式可以近似为

$$\rho = 0.12(1 + e^{-50 \times PD}) \tag{11-8}$$

当 PD 增加时，ρ 会减小，PD 与 ρ 之间存在反向关系。造成这种反向关系的原因是，当某家公司信用恶化时，公司所对应的 PD 会增大，此时公司的违约率会变得更加独立，市场对违约率的影响会变得越来越小。

⊖ 见 J. Lopez, "The Empirical Relationship Between Average Asset Correlation, Firm Probability of Default and Asset Size," *Journal of Financial Intermediation*, 13, 2 (2004), 265-283。

结合式（11-7）与式（11-6），我们得出表11-6展示WCDR与PD的关系，如同我们预计的那样，WCDR是PD的一个递增函数，但是如果我们假定ρ与PD无关，WCDR的增长速度并不快。

表11-6　关于企业、政府及银行头寸的WCDR与PD的关系　（%）

PD	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0
WCDR	3.4	9.8	14.0	16.9	19.0

我们接下来取消式（11-7）中的下标，并对于交易对手定义：

PD：每笔贷款的一年的违约率；

EAD：违约风险敞口（以美元计）；

LGD：违约所触发的损失率，此项是违约损失与风险暴露的比率。

有关资本金的计算公式为

$$EAD \times LGD \times (WCDR - PD) \times MA \tag{11-9}$$

以上公式中的前3项的含义已经在式（11-7）中解释过，MA是对期限的调节，这一数量由式（11-10）决定

$$MA = \frac{1 + (M - 2.5) \times b}{1 - 1.5 \times b} \tag{11-10}$$

式中，

$$b = [0.118\,52 - 0.054\,78 \times \ln(PD)]^2$$

M为风险暴露头寸的期限。对于期限的调整是为了考虑以下事实，当产品的期限大于一年时，对手信用级别的降低及破产会触发增加在一年时的风险暴露头寸（当$M=1$时，$MA=1$，此时期限调整无任何效果）。同上，风险加权资产（RWA）等于12.5乘以资本金

$$RWA = 12.5 \times EAD \times LGD \times (WCDR - PD) \times MA$$

因此，资本金等于RWA的8%，其中4%是1类资本。

在内部评级基础法中，银行提供参数PD，其他参数LGD、EAD及M是由巴塞尔委员会来设定的，参数PD的大小取决于银行对交易对手的信用估计，对于银行及企业，PD的最低估计值为0.03%，对于优先债券的索赔（senior claims），LGD被设定为45%，而对于次级债券的索赔（subordinated claims），LGD被设定为75%。当存在抵押品时，为了应用上述综合法，我们首先需要调整风险暴露头寸及抵押品的价值，然后新的LGD等于初始LGD乘以调整抵押品与调整风险暴露头寸的比率，调整风险暴露头寸及抵押品的价值都需要以综合法进行计算。EAD的计算与1988年《巴塞尔协议》中计算等价信用量的方法类似，计算中应考虑净额结算的效应，在大多数情况下$M=2.5$。

在内部评级高级法中，银行对于企业、国家及其他银行的头寸提供自己关于PD、LGD、EAD及M的估计、信用缓释技术，例如降级触发，会减小PD的数值（对于PD，有一个与内部评级基础法类似的要求，那就是PD的最小值不能低于0.03%）。影响LGD的两个主要因素为债券（索赔）的级别及抵押品的数量。在计算EAD时，银行可以在取得监管局的批准后自行估计信用转换因子。

由式（11-9）给出的资本金用于覆盖在99%的把握之下不会超过非预期亏损的数量，由“平均”违约率PD所触发的损失应该在银行的产品价格中有所体现，$WCDR$对应于每千年发生违约的概率，巴塞尔委员会保留了在当由式（11-9）所得出的资本金过高或过低时，对其施加某乘积因子的权力（这里的乘积因子可能大于1也可能小于1），这一因子大约为1.06。

例 11-7

假定某银行的资产构成为企业贷款，贷款的总面值为1亿美元，贷款方的信用级别为A，对于企业的 *PD* 的估计为0.1%，*LGD* 为60%，贷款的平均期限为2.5年，这意味着

$$b = [0.11852 - 0.05478 \times \ln(0.001)]^2 = 0.247$$

因此

$$MA = \frac{1}{1 - 1.5 \times 0.247} = 1.59$$

由表11-5，我们得出 *WCDR* 为3.4%，在《新巴塞尔协议》内部评级基础法中，对于企业贷款的风险加权资产的总量为

$$12.5 \times 10\,000\text{万} \times 0.6 \times (0.034 - 0.001) \times 1.59 = 3\,930(\text{万美元})$$

1988年《巴塞尔协议》所对应的数量为1亿美元，而由《新巴塞尔协议》标准法所计算的数量为5 000万美元（见例11-1及例11-5，这里的1亿美元贷款只是以上例子中投资组合的一部分）。

11.8.5 零售贷款头寸

零售贷款的资本金的计算方法与企业、政府及银行头寸资本金的计算方法相似，其不同之处在于这时内部评级基础法与高级法合并成了一种方法，每家银行都可以对参数 *PD*、*EAD* 及 *LGD* 进行估计，在计算中没有对于期限的调节，计算资本金的公式为

$$EAD \times LGD \times (WCDR - PD)$$

风险加权资产为

$$RWA = 12.5 \times EAD \times LGD \times (WCDR - PD)$$

式中，*WCDR* 由式（11-6）计算得出，对于住房贷款，ρ 被设定为0.15，对于合格循环贷款，ρ 被设定为0.04，计算其他零售头寸的 *WCDR* 所采用的 ρ 由以下公式得出

$$\rho = 0.03\frac{1 - \exp(-35 \times PD)}{1 - \exp(-35)} + 0.16\left[1 - \frac{1 - \exp(-35 \times PD)}{1 - \exp(-35)}\right]$$

因为exp（−35）的数量很小，以上公式与以下公式基本等同

$$\rho = 0.03 + 0.13e^{-35 \times PD} \tag{11-11}$$

将式（11-11）同式（11-8）进行比较，我们得出对于零售贷款所采用的相关系数要比其他贷款低得多。类似表11-6，表11-7显示了对于零售贷款的WCDR与PD的关系

表11-7 关于零售贷款的WCDR与PD的关系 （%）

PD	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0
WCDR	2.1	6.3	9.1	11.0	12.3

例 11-8

假定某银行的资产由5 000万美元贷款组合构成，其中 *PD* 的估计值为0.005，*LGD* 的估计值为20%，对于这一情形 $\rho = 0.15$ 及

$$WCDR = N\left[\frac{N^{-1}(0.005) + \sqrt{0.15}N^{-1}(0.999)}{\sqrt{1 - 0.15}}\right] = 0.067$$

风险加权资产为

$$12.5 \times 50 \times 0.2 \times (0.067 - 0.005) = 7.8$$

即780万美元。与此对应，1988年《巴塞尔协议》所对应的风险加权资产为2 500万美元，《新巴塞尔协议》标准法所对应的风险加权资产为1 750万美元（见例11-1及例11-5，这里讨论的5 000万美元房屋贷款只是投资组合结构的一部分）。

11.8.6 信用担保以及信用衍生产品

传统上巴塞尔委员会对于信用担保所采用的处理方法为信用替换方法。假定一家信用级别为AA

的公司给一贷款方信用级别为 BBB 的贷款提供担保，在计算资本金时，信用担保方的信用级别（AA）而不是贷款方的信用级别（BBB）用于计算资本金，然而这种计算方式仍然夸大了资本金的数量，因为只有担保方及贷款方同时破产时才会造成贷款损失（或者担保方在贷款方破产之前就已经破产）[1]。巴塞尔委员会对于这一问题进行了处理，在 2005 年 7 月委员会对《新巴塞尔协议》中的双重破产问题发表了一个报告，这一报告对于双重破产进行了特殊处理[2]。这一方法代替了信用替换方法，银行首先在风险头寸没有任何担保的假设下进行资本金的计算，完成计算后将资本金再乘以 $0.15+160\times PD_g$，其中PD_g 为担保人一年期的违约率，最后的计算结果即为最终的资本金数量。

11.9 《新巴塞尔协议》对操作风险的处理

除了对计算信用风险资本金做了改进，对于操作风险，《新巴塞尔协议》也对银行提出资本金要求。操作风险源于多个方面，包括银行内部的流程出现失误及银行外部突发的不良事件（比如火灾）等，《新巴塞尔协议》中对于信用风险资本金的改进会减低资本金的总体水平，而对操作风险的要求会使得最新的整体资本金与最初的 1988 年《巴塞尔协议》的资本金水平较为接近。

监管机构允许银行采用以下 3 种方法来计算操作风险资本金：

- 基本指标法；
- 标准法；
- 高级计量法。

具体采取以上哪一种方法取决于银行的管理先进程度。3 种方法中最简单的方法为基本指标法，这一方法所要求的资本金等于银行过去三年的毛收入的平均值乘以 0.15[3]。标准法与基本指标法较为接近，两种方法的不同之处在于，在标准法中不同的业务类别所对应的计算因子会有所不同。在高级计量法中，银行采用自身的内部模型来求得在一年展望期及 99.9% 的置信度下所对应的最大损失，采用高级计量法的一个好处在于，这一方法在一定条件下体现了保险措施给银行带来的风险缓解效应。我们将在第 18 章中进一步讨论操作风险。

11.10 第 2 支柱：监督审查过程

《新巴塞尔协议》中的第 2 支柱是监督审查过程。有关监督审查，《新巴塞尔协议》提出了 4 项重要原则：

- 银行必须从自身的风险特征出发，建立并测定自身资本金充足状况的管理过程，并且应该制定策略以保证资本金充足。
- 监管机构必须检验银行内部的资本金充足率评估系统，检测银行的资本金管理策略以及银行资本金充足率，并使得充足率符合监管规定，监管部门在发现问题时应采取适当的措施。
- 监管部门应期望银行在运作时的资本金持有率高于最低要求，同时应该有使银行在运作时持有的资本金高于最低要求的能力。
- 监管部门在发现问题初期应及时介入以保证银行持有的资本金不低于维持银行风险特征的最低资本金水平，监管部门应督促银行在资本金水平不足时及时采取措施促使资本金水平达到监管要求。

---

[1] 在第 14 章将要讨论的信用违约互换（CDS）为违约提供了保险，对于 CDS 的处理方式与对信用担保处理方式类似。

[2] 见 "The Application of Basel II to Trading Activities and the Treatment of Double Defaults", July 2005，这一文献在 www.bis.org 网页可以下载。

[3] 毛收入等于净利率收入加上非利率收入，净利率收入等于贷款利息收入与存款以及其他支撑贷款产品利息支出的差值，负毛收入的年份在计算中应该忽略。

巴塞尔委员会强调，各国监管部门对于银行账户上的利率风险、信用风险及操作风险要特别注意。信用风险管理的侧重点包括压力测试、违约定义、信用风险集中、应用抵押品、信用担保及信用衍生产品所触发的风险等。

巴塞尔委员会强调监管机构的管理过程要透明、可靠。当监管部门行使自身权力或设定《新巴塞尔协议》所阐述的最低资本金要求时，透明度和可靠性显得尤其重要。

11.11 第3支柱：市场纪律

《巴塞尔协议》的第3支柱是关于市场纪律，巴塞尔委员会鼓励银行加大自身风险测定程序以及资本金充足率等信息披露的力度。监管部门对信息披露的强制性在不同国家也各不相同。但是，银行一般不会忽略监管部门的建议，这是因为监管部门可以使银行管理人员的日子难过，有时银行为了能够被准许采用特别的模型来计算资本金，必须披露更多的管理信息以增加透明度。

监管部门所要求的信息披露同财务信息披露不同，监管部门所要求披露的信息并不一定出现在年度报告中，银行有权力决定什么样的相关的重要信息可以披露。银行应该披露的信息包括：

- 银行什么部门实施了《新巴塞尔协议》，而对不实施《新巴塞尔协议》的部门进行了哪些的调整。
- 资本金构成产品的主要特性。
- 构成1类资本的产品类型以及每种类型产品在1类资本金中的占有率。
- 2类及3类资本的数量。
- 对应于信用、市场及操作风险的各项资本金的数量。
- 银行面临的其他风险以及对其他风险的测定方法。
- 风险管理部门的结构以及运作方式。

11.12 对《新巴塞尔协议》的改进

在2007年和2008年银行出现巨大损失之后，巴塞尔委员会采取了一系列措施，委员会修改了关于银行管理流动性的管理规则框架（见第19章），并且对情景分析和压力测试提供了指导意见（见第17章），同时对再证券化（resecuritization）也增加了资本金要求（见第16章）。

对于交易账户，委员会引入一个新的重大提案，即新增风险资本（incremental risk charge，IRC）。2005年，巴塞尔委员会对银行将银行账户的头寸转移到交易账户，并以此来减少资本金数量的做法产生了忧虑，在交易账户上出现了越来越多与公司信用风险有关的结构性产品（见第16章关于结构产品的讨论），这些产品比交易账户上其他产品的流动性要差，对于这些结构性产品而言，采用99%的置信区间和10天展望期来计算资本金变得不适宜。正是由于这个原因，监管人员提出了关于新增违约风险资本（incremental default risk charge，IDRC）的要求，IDRC对于交易账户中那些对于违约风险敏感的产品，要采用99.9%的置信区间和1年的展望期来计算资本金，因此，IDRC对于这些产品的处理与它们在银行账户上所受的待遇等同。

2008年，巴塞尔委员会认识到2007年和2008年信用市场危机所触发的大部分损失并非是只与违约有关，而是与信用等级变化、信用溢差增大以及流动性的消失有关，为了将这些风险考虑在内，委员会对IDRC进行修改，IDRC进而演变为IRC，2010~2011年，IRC将被实施。IRC会使得那些交易结构性信用产品的大型银行的资本金数量增大。

业界事例 11-2

Basel Ⅲ?

如 11.12 节所述，由于 2007 年开始的金融危机所触发的巨额损失，巴塞尔委员会对《新巴塞尔协议》提出了几项改革，在将来某个时刻，银行监管条例一定还会有重大修正。《新巴塞尔协议》取代《巴塞尔协议》从某种意义上反映了银行业走向自我监管的趋势，但 Basel Ⅲ可能会与这一趋势相悖。2007 年开始的危机说明，如果监管对银行采取放任的态度，银行往往会承担过分的风险。将来银行对自身风险进行评估时，可能会失去在《新巴塞尔协议》获得的某些自由度，监管人员在将来也可能会对流动性风险设定资本金要求，也可能会更为积极地采用压力测试来计算资本金。事实上，监管人员提出的用压力测试 VaR（见第 11.12 节）来确定市场风险资本金就是朝这一方向的努力。

场外市场的衍生产品已经受到更加严格的监管，对于信用违约互换产品，市场上已经出现了类似于交易中心的中心式清算机构。对系统风险的检验显然已经成为监管人员将来的工作重点，监管人员对金融机构和非金融机构的风险暴露要有一个全面的认识，他们在将来会要求所有的，具有各种不同信用等级的市场参与者在场外交易时都要支付保证金，这可以通过中心化的清算机构，或通过签署无任何抵押额度的双向抵押条约来达到目的。

另外一个提案涉及压力风险价值度（stress VaR），在第 12 章我们将解释，通常计算 VaR 的方法是基于市场变量在最近 2～4 年的变化，压力 VaR 的计算是基于产生重大损失的一年（例如 2007 年或 2008 年）市场变量的变化。巴塞尔委员会提出，市场资本金应等于由第 11.6 节所计算的 VaR 与压力 VaR 的和，这样做的效果是将银行市场风险所设定的资本金至少加一倍。这些方案（假定方案会在统一意见时幸存）的最后实施截止日期为 2010 年 12 月 31 日。

《新巴塞尔协议》的重点是自我监管，银行可以采用自身的内部模型来处理资本金的方方面面，2007 年 8 月开始的信用危机以及对银行必须实行的解救计划使得许多人提出《新巴塞尔协议》中内部模型的依赖应该减少，业界事例 11-2 是对巴塞尔委员会在将来可能提出的规则的预测。

11.13 偿付能力法案Ⅱ

如第 3.11 节所述，当前对于保险公司监管现在还没有一个国际标准。在美国，保险公司的监管是在州际水平，而不是在联邦水平，全美保险联合协会（National Association of Insurance Commissioners）对州际监管提供一定帮助。在欧洲，保险公司的监管是由欧盟来负责的，在欧洲已经延续多年的监管框架，即偿付能力法案Ⅰ正在被新法案，即偿付能力法案Ⅱ来替代，对于偿付能力法案Ⅱ，监管人员已经进行了定量影响测算，偿付能力法案Ⅱ将在 2012 年实行。偿付能力法案Ⅰ仅仅考虑了对保险承销风险进行测算，除了承销风险，偿付能力法案Ⅱ还将考虑投资风险和操作风险等事宜。

偿付能力法案Ⅱ与《新巴塞尔协议》有许多相似之处，偿付能力法案Ⅱ也有 3 个支柱，第 1 支柱是关于资本金计算以及资本金的种类；第 2 支柱是关于监督过程；第 3 支柱是关于市场的风险管理信息的披露。以此，我们可以看到这 3 个支柱类似于《新巴塞尔协议》的 3 个支柱。

偿付能力法案Ⅱ的第 1 支柱阐明了最低资本要求（minimum capital requirement，MCR）和偿付能力资本要求（solvency capital requirement，SCR），如果保险公司的资本金低于 SCR 的水平，保险公司至少要给监管当局一个计划，阐明如何将资本金恢复到 SCR 水平之上，监管机构也许会对保险公司提出特定要求来改善资本金现状。MCR 水平是保险公司资本金水平的最低限度，如果资

本金低于 MCR 水平，监管当局可以要求保险公司不再承接新业务，这可能会触发保险公司解体，及将保单转移给其他公司。

对于 SCR 有两种计算方式：一种是标准法，另一种是内部模型法。在内部模型法中，VaR 的计算要采用 1 年展望期和 99.5% 的置信区间（这里采用的置信区间低于《新巴塞尔协议》中 99.9% 置信区间的要求），当资本金提供的保险为等同时，保险公司可以采用更长的时间段以及较低的置信区间。SCR 包括投资风险、承销风险和操作风险，投资风险可以被细分为市场风险和信用风险；承销风险可以进一步以风险来源分类，即来自人寿保险、非人寿保险（及财产和伤害险）以及健康保险业务。

资本金可以用于抵御重大不利事件，在定量影响测算中，这些不利事件包括：

- 全球股市 32% 的下跌；
- 房屋市场 20% 的下跌；
- 汇率 20% 的变化；
- 一些影响财产和伤害险的支付赔偿的灾难风险情形；
- 健康服务的费用增加数量是历史费用的标准差的若干倍；
- 死亡率增加 10%；
- 死亡率减小 25%；
- 费用增加 10%。

保险公司的内部模型要满足 3 个测试，第一个测试是统计质量测试（statistical quality testing），这一测试是关于计算 VaR 的数据和方法的完整性；第二个测试是校正测试（calibration test），这一测试是检验对风险的评估是否与一般的 SCR 目标准则一致；第三个测试是使用测试（use test），这一测试是检验模型是否真正对风险管理人员切实相关，以及风险管理人员是否使用模型。

业界有几种计算 MCR 的方法，一种是将 MCR 设定为 SCR 的一定比例，另外一种是采用与计算 SCR 一样的方法计算 MCR，但将置信区间设定一个低于 99.5% 的水平。

偿付能力法案Ⅱ的资本金有 3 种，1 类资本是由股票资本、留存收益和其他等价的资金而构成；2 类资本是由优先级次于投保人保单的债券，在平和情形下（under the wind-down scenarios），这些债券的可得性要满足一定条件；3 类资本也是由优先级次于投保人保单的债券，但这些债券不需要满足以上的可得性条件。类似于《新巴塞尔协议》，偿付能力法案Ⅱ将会阐明 SCR 可以由不同的资本金类型来满足的限额数量。

11.14 小结

本章是对全球范围内所有银行面临的资本金要求的一个综述。自 20 世纪 80 年代以来，监管机构关于银行所持有的最低资本金的计算方法发生了很多变化。在 1988 年以前，监管部门通常设定资本金同资产的最低比率或资产同资本金的最高比率来管理资本金。在 80 年代末，银行监管机构以及银行自身都认识到对资本金管理条款进行变革的必要性，银行表外衍生产品交易的迅猛发展，以及银行在全球范围内业务竞争的需要，都促成了监管部门颁布一个全球性的、统一的银行管理条约，以便保证公平竞争。

1988 年《巴塞尔协议》对表内及表外的信用风险都设定了资本金，计算过程中对表内所有资产都设定了风险权重，表内贷款所对应的风险加权资产数量等于贷款面值乘以贷款方所对应的风险权重。而对于互换等衍生产品，银行首先要计算等价风险量，最终的风险加权资产等于等价风险量乘以交易对手的风险权重。银行持有的资本金数量不能低于整体风险加权资产的 8%。在 1995 年，巴塞尔委员会对信用风险量的计算进行了修改，在计算中允许净额结算。在 1996 年，巴塞尔委员会对

市场风险进行了进一步修改，具有先进管理水平的银行可以采用风险价值度来计算资本金。

在1999年，巴塞尔委员会对协议又提出了《新巴塞尔协议》，协议已在2007~2009年之间实施，最新的协议对市场风险资本金的条款没有改动，对信用风险资本金的计算，协议变得更加复杂。银行可以采用穆迪及S&P的信用评级或者采用银行内部自身对违约率的估计来计算信用资本金。另外，在最新的巴塞尔协议中增加了对操作风险的要求。最近，巴塞尔委员会对交易结构信用产品的银行引入了新增违约风险资本的要求。

偿付能力法案Ⅱ是关于保险公司的监管框架，预计在2012年会在欧盟地区实施，这一法案对投资风险、承销风险和运作风险设定了最低资本金要求，偿付能力法案Ⅱ的整体框架与《新巴塞尔协议》类似。

推荐阅读

Bank for International Settlements, "Basel Ⅱ: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework," November 2005, www.bis.org.

Bank for International Settlements, "Guidelines for Computing Capital for Incremental Risk in the Trading Book," January 2009.

Bank for International Settlements, "Proposed Enhancements to the Basel Ⅱ Framework," January 2009.

Bank for International Settlements, "Revisions to the Basel Ⅱ Market Risk Framework," January 2009.

Crouhy, M., D. Galai, and R. Mark, *Risk Mangement*. New York: McGraw-Hill, 2001.

Gordy, M. B., "A Risk-factor Model Foundation for Ratings-Based Bank Capital Ratios," *Journal of Financial Intermediation*, 12(2003), 199-232.

Lopez, J. A., "The Empirical Relationship Between Average Asset Correlation, Firm Probability of Default, and Asset Size," *Journal of Financial Intermediation*, 13, 2(2004), 265-283.

练习题

11.1 "当一家钢铁企业破产时，其他在同一行业的企业可能会受益，因为这时竞争对手少了一个。但是当一家银行破产时，其他银行并不一定受益"，请解释这一观点。

11.2 "存款保险制度使得银行资本金管理条例变得更为重要"，请解释这一观点。

11.3 一个简单利率互换涉及固定及浮动利率的互换，固定及浮动利率所对应的面值等同，在互换到期时本金不互换。当一个银行进入一个期限为5年的利率互换，互换面值为1亿美元，银行所面临的信用风险的特征是什么？这里假定在互换开始时，利率互换的价值为0。

11.4 在货币互换交易中，一方货币的本金最终要同另一方货币的本金进行交换，请说明为什么货币互换交易所触发的信用风险要大于利率互换中的信用风险。

11.5 某笔4年期的利率互换对于某金融机构有负价值，在交易中金融机构是否面临信用风险？请对你的结论做出解释。利用《巴塞尔协议》，计算对资本金的要求数量。

11.6 请采用1988年《巴塞尔协议》来计算持有以下交易（对应于某交易对手）的一家银行的资本金数量（计算中没有净额结算协议，货币以美元计）：（a）一个9年期的利率互换，面值为2.5亿，当前市价为-200万；（b）一个4年期的利率互换，面值为1亿，当前市价为350万；（c）一个6个月期的商品衍生产品交易，面值为5 000万，当前市价为100万。

11.7 采用1995年对于1988年《巴塞尔协议》有关净额结算的改进，重新计算练习题11.6中的资本金数量。

11.8 某银行与一业务客户之间的所有合约均为

贷款，对于这一客户，净额结算协议会带来什么价值？

11.9 请解释为什么在《新巴塞尔协议》中最终计算要将信用风险、市场风险及操作风险所对应的数值乘以12.5。

11.10 一个银行的交易账户与银行账户的区别是什么？一家银行当前持有一笔给某客户的面值为1 000万美元的贷款，在贷款结束时，客户不再借贷，但是客户想将自己的债券卖给银行，这一变化会如何改变银行监管资本金的数量？

11.11 在1988年《巴塞尔协议》下，银行不愿意借钱给信用好的企业，而是希望帮助企业发行债券，这样做是为什么？你认为《新巴塞尔协议》关于借贷的规定会影响银行的行为吗？

11.12 银行有时利用监管条例套利来减低资本金数量，这里监管条例套利的含义是什么？

11.13 式（11-8）给出了《新巴塞尔协议》关于资本金的计算公式，该式将4项乘到一起，请解释式中每一项的含义。

11.14 请解释简单法以及综合法处理抵押品的不同之处。

11.15 请解释《新巴塞尔协议》中，计算信用风险资本金的标准法、IRB法及高级IRB法之间的差别。

11.16 请解释《新巴塞尔协议》中，计算操作风险资本金的基本指标法、标准法及高级计量法之间的差别。

11.17 假定某银行资产包括2亿美元的零售贷款（并非住房贷款），其*PD*为1%，*LGD*为70%，《新巴塞尔协议》IRB法所对应的风险加权资产为多少？对于1类及2类资本的需求为多少？

11.18 在第8.8节，我们讨论了如何采用统计检验的方式来接受或拒绝一个VaR模型；在第11.6节，我们讨论了银行监管人员在计算监管资本时，如何设定乘数因子k，在这一节我们指出在250个抽样中，如果例外次数为5或更大，相应的乘数因子会增大，当VaR模型表现良好，但例外为5次或更多的概率为多大？

作业题

11.19 对于衍生产品，《新巴塞尔协议》所要求的附加量是什么？“《新巴塞尔协议》有关附加量的改进应该使附加量与合约的市场价格挂钩”，请说明这一观点。

11.20 请采用1988年《巴塞尔协议》来计算某银行所持有的资本金，这家银行同另一家银行之间有以下合约（无净额结算协定）（以美元计）：（a）一个期限为2年的远期外汇合约，合约市价为200万，合约要求银行以5 000万买入某数量外币；（b）一个期限为6个月的期权长头寸，期权基础资产为S&P 500，面值为2 000万，当前价格为400万；（c）一个期限为2年的商品石油互换合约，面值为3 000万，当前市价为-500万。引入净额结算合约会对以上计算产生什么影响？

11.21 某银行与某信用级别为AA的企业有以下交易（以美元计）：（a）一个期限为2年的互换合约，面值为1亿，当前价值为300万；（b）一个期限为9个月的外汇远期合约，面值为1.5亿，当前价值为-500万；（c）一个期限为6个月的期权长头寸，期权基础资产为黄金，面值为5 000万，当前价值为700万，采用1988年《巴塞尔协议》及无净额结算协议所计算的资本金为多少？加入净额结算协议对计算结果有何影响？《新巴塞尔协议》标准法所对应的资本金数量为多少？

11.22 假如一家银行的资产包含给信用级别为BBB的企业的5亿美元贷款。贷款企业的*PD*估计值为0.3%，平均期限为3年，*LGD*的估计值为60%，《新巴塞尔协议》高级IRB法所对应的风险加权资产为多少？所需的1类及2类资本分别为多少？这与《新巴塞尔协议》标准法及1988年《巴塞尔协议》所计算的资本金数量有何不同？

12 CHAPTER
第 12 章

市场风险：历史模拟法

本章和第 13 章我们将介绍计算市场风险 VaR 的两种不同方法。本章所讨论的方法被称为历史模拟法（historical simulation）通常为银行所用，历史模拟法采用市场变量变化的历史数据来直接估计交易组合今天到明天的价值变化的概率分布。

在描述历史模拟法的原理之后，我们将解释如何计算 VaR 以及估算其标准差，如何给最新的数据设定更高的权重，还要讨论如何将最新的波动率应用到我们的计算之中，然后将描述如何将极值理论与历史模拟法结合在一起，来改善高置信水平的 VaR 估计的精度。

本章讲述的所有模型由一个四个股票指数组成的投资组合来展示。

12.1 方法论

历史模拟法以历史数据为依据来预测将来。假设，我们采用过去 501 天的历史数据来计算一天展望期、对应于 99% 置信水平的 VaR（这里选择的展望期及置信水平是市场风险管理过程中的一种典型选择，在实际计算中常常流行采用 501 天的历史数据，并由此产生 500 个情形）。历史模拟法的第 1 步是选定影响交易组合的风险源，这些风险源可能是汇率、股价、利率等，然后需要收集这些风险源在最近的过去 501 天的数据，通过这些数据我们可以得出从今天到明天市场变量的不同变化情形。我们将数据开始的第 1 天记为 0-天（day 0），数据开始的第 2 天记为 1-天（day 1），依此类推。情形-1（scenario 1）是指 0-天与 1-天数据的变化比率；情形-2 是指1-天与 2-天数据的变化比率。对于每一种情形，我们可以计算从今天到明天的交易组合的价值变化，并由此得出交易组合每天价值变化的概率分布图，分布中所对应的 99% 的分位数 500 个计算数值的

第5个最坏的损失，VaR的估计是第99个百分比分位数所对应的损失[⊖]。假如市场变量的变化是从过去500天提取出来，这些变量的变化代表从今天到明天变化的不同可能，那么我们可以有99%的把握肯定，交易组合所对应的损失会小于我们的VaR估计值。

采用代数符号描述这一过程，我们将某市场变量在i－天所对应的数值记为v_i，假定今天为n－天，市场变量在明天所对应的第i个情景为

$$v_n \frac{v_i}{v_{i-1}} \tag{12-1}$$

过程说明

为了说明计算过程，假定一个投资人在2008年9月25日持有一个价值为1 000万美元的投资组合，组合中有4个股票指数：美国道琼斯工业指数（DJIA）、英国FTSE 100指数、法国CAC 40指数以及日本Nikkei 225指数，每个指数在2008年9月25日的取值如表12-1所示，读者可以在作者网页上下载一个含有过去501天关于4个指数的收盘价格的历史数据及计算VaR的Excel计算表，见www. rotman. utoronto. ca/ ~ hull/VaRExample[⊜]，表12-2显示了数据的一部分[⊜]。

表12-1 用于演示VaR计算过程的投资组合

指数	组合价值（以1 000美元计）
DJIA	4 000
FTSE 100	3 000
CAC 40	1 000
Nikkei 225	2 000
总计	10 000

表12-2 采用历史模拟法计算VaR所需要的数据

天数	日期	DJLA	FTSE 100	CAC 40	Nikkei 225
0	Aug. 7, 2006	11 219. 38	5 828. 8	4 956. 34	15 154. 06
1	Aug. 8, 2006	11 173. 59	5 818. 1	4 967. 95	15 464. 66
2	Aug. 9, 2006	11 076. 18	5 860. 5	5 025. 15	15 656. 59
3	Aug. 10, 2006	11 124. 37	5 823. 4	4 976. 64	15 630. 91
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
499	Sept. 24, 2008	10 825. 17	5 095. 6	4 114. 54	12 115. 03
500	Sept. 25, 2008	11 022. 06	5 197. 0	4 226. 81	12 006. 53

2008年9月25日是检验股票投资表现非常有意思的一天，2007年8月开始的信用危机已经持续了1年，股票价格持续下跌了几个月，在此期间，波动率有所增大，雷曼兄弟在10天前已经申请破产，美国财政部的7 000亿美元受困资产救助资金（Trouble Asset Relief Program，TARP）还没有在国会通过。

表12-3显示了市场变量在2008年9月26日对于选定情形的取值。情形1（表12-3的第1行）假定9月25日至26日的市场价格百分比变化等同于2006年8月7日至8月8日之间市场价格的百分比变化，情形1是市场变量在2008年9月26日的一种取值形式；情形2（见表12-3的第2行）假定9月25日至9月26日的市场价格百分比变化等同于2006年8月8日至8月9日之间市场价格的百分比变化，情形2也是市场变量在2008年9月26日的一种取值形式；并依此类推。一般来讲，情形i（表12-3的第i行）假定9月25日至9月26日的市场价格百分比变化等同于第$i-1$天与第i天的百分比变化（$1 \leq i \leq 500$），情景i定义了市场变量在2008年9月26日的一种取值形式。

⊖ 在这里我们有不同的选择，我们既可以选取第5个最坏或第6个最坏所对应的数值，或者第5个最坏及第6个最坏的平均值，来作为500个抽样数据中的1%的分位数。在采用Excel计算表的PERCENTILE函数时，假定有n个观察值，k为某个整数，$k/(n-1)$分位数对应于观察值名列第$k+1$的数据值，而其他分位数由线性插值计算求得。

⊜ 为了简化例子的计算，我们只包括了4个股市所在的交易市场均开盘时的数据，这解释了我们为什么需要2006年8月7日至2008年9月25日这个时间段来提取501个数据。在实际中，在对美国的金融机构进行分析时，我们要对美国假日的数据进行处理。

⊜ 为了简化计算过程，这一例子并没有考虑汇率的变化。——译者注

表 12-3　由表 12-2 数据产生的对于 2008 年 9 月 26 日的市场变量的不同情景

情形数码	DJIA	FTSE 100	CAC 40	Nikkei 225	组合价值（千美元）	损失（千美元）
1	10 977.08	5 187.46	4 236.71	12 252.62	10 021.502	-21.502
2	10 925.97	5 234.87	4 275.48	12 155.54	10 023.327	-23.327
3	11 070.01	5 164.10	4 186.01	11 986.84	9 985.478	14.522
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
409	10 831.43	5 057.36	4 117.75	12 030.80	9 828.450	171.550
500	11 222.53	5 300.42	4 342.14	11 899.00	10 141.826	-141.826

在 2008 年 9 月 25 日，DJIA 的取值为 11 022.06，在 2006 年 8 月 7 日取值为 11 219.38，在 2006 年 8 月 8 日下跌为 11 173.59，因此，DJIA 在情形 1 下的取值为

$$11\,022.06 \times \frac{11\,173.59}{11\,219.38} = 10\,977.08$$

与此类似，在情形 1 下，FTSE 100、CAC 40、Nikkie 225 的取值分别为 5 187.46，4 236.71，12 252.62，因此在情形 1 下，组合资产价值为（以 1 000 计）

$$4\,000 \times \frac{10\,977.08}{11\,022.06} + 3\,000 \times \frac{5\,187.46}{5\,197.0} + 1\,000 \times \frac{4\,236.71}{4\,226.81} + 2\,000 \times \frac{12\,252.62}{12\,006.53} = 10\,021.502$$

在情形 1 下，组合收益为 21 502 美元，对于其他情景，我们可以进行类似的运算。在图 12-1 中，我们展示了损失分布的直方图（histogram，其方柱代表损失（以 1 000 计）出现在 450～550，350～450，250～350 之间的次数）。

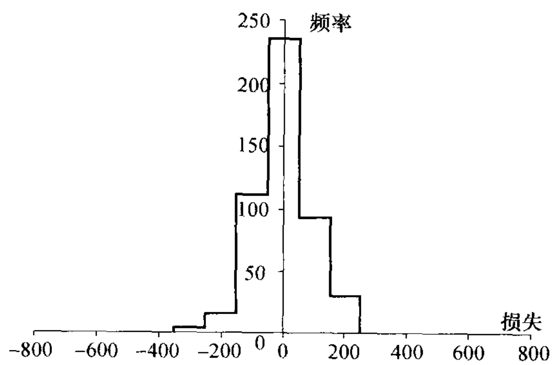


图 12-1　2008 年 9 月 25 日和 26 日之间损失分布的直方图（频率图）

将 500 个不同的损失排序，最终结果的一部分展示在表 12-4 中，损失最糟糕的情形对应于情形 494（其中股指变化对应于雷曼兄弟破产那一天的股指变化）。在一天展望期及 99% 置信区间下，VaR 对应于损失中第 5 个最糟的情形，为 247 571 美元。

表 12-4　对应 500 个情形损失的排序

情形编号	损失数量（以 1 000 计）
494	499.395
339	359.440
329	341.366
349	251.943
487	247.571
131	241.712
227	230.265
495	227.332
441	225.051
376	217.945
306	211.797
365	202.970
242	200.116
238	199.467
477	188.758
⋮	⋮

如 11.6 节所示，10 天展望期及 99% 置信区间的 VaR 等于 $\sqrt{10}$ 乘以 1 天展望期及 99% 置信区间的 VaR，10 天的 VaR 等于

$$\sqrt{10} \times 247\,571 = 782\,889$$

即 782 889 美元。

在我们的例子中，对每天 VaR 估算时，应采用最近 501 天的数据，例如，考虑 2008 年 9 月 26 日（第 501 天）的情形，根据这一天的市场变化，我们可以确定所有市场变量所对应的新价值，并计算出相应的交易组合价值。我们可以根据以前描述的过程来求得一个新的 VaR，在计算中将采用 2006 年 8 月 8 日到 2008

年9月26日（第1天到第501天）的数据（我们可以由市场变量的百分比变化来确定500个观察值，2006年8月7日，即第0天的数据将不再会被使用）。类似地，在下一个交易日，即2008年9月29日（第502天），在计算VaR时，我们将采用2006年8月9日到2008年9月29日的数据，并依此类推。

在实际中，一个银行的交易组合远比我们在这里考虑的情形要复杂，银行的交易组合可能包括成千上万的头寸，银行的某些头寸常常是远期合约、期权和其他衍生产品，在13.8节将要描述的局部模拟（partial simulation）可以用来对不同情形的定价进行加速。如果一家银行的交易使得组合变得风险更大，10天展望期的99% VaR一般会增大；如果一家银行的交易使得组合变得风险更小，10天展望期的99% VaR一般会减小，对于任意一天VaR的计算，我们可以假定组合头寸在两个交易日之间保持不变。

在计算VaR时，我们考虑的市场变量包括汇率、商品价格和利率。对于利率，为了能够对相应的交易组合定价，银行常常需要不同货币的由短期国债和LIBOR/互换所生成的零息利率期限结构的信息，市场变量以这些期限结构中得出（见附录B），任意货币的利率曲线都可能会涉及十几个市场变量。

12.2 VaR的精确度

在历史模拟法中，对于交易组合价值变化分布的计算是基于过去发生的有限的观察值，正因如此，历史模拟法对于分布的分位数的估计并不是绝对准确。

肯德尔（Kendall）及斯图尔特（Stuart）的研究成果给出了由抽样数据计算出的概率分布的分位数的置信区间[⊖]。假定概率分布的第q个分位数的估计值为x，这一估计的标准差为

$$\frac{1}{f(x)}\sqrt{\frac{(1-q)q}{n}}$$

式中，n为观察值的个数；$f(x)$为对应于损失量为x的损失分布的密度函数值，这一函数值可以通过将经验数据与标准分布进行匹配来估计。

例12-1

假如我们采用500个观察数据来估计损失分布的99%分位数，这时$n=500$，$q=0.99$。我们可以采用标准分布来对经验分布进行匹配，并由此求得$f(x)$的近似值。假定经验分布服从正态分布，其期望值为0，标准差为1 000万美元。在Excel中，99%分位数所对应的数值为NORMINV(0.99，0，1 000)=2 326万（美元），$f(x)$的数值为NORMDIST(23.26，0，10，FALSE)=0.002 7，分位数估计值的标准差为

$$\frac{1}{0.0027}\times\sqrt{\frac{0.01\times 0.99}{500}}=1.67\text{ 百万(美元)}$$

假如采用历史模拟法求取的0.99分位数的估计值为2 500万美元，在95%的置信程度下VaR的置信区间为2 500 − 1.96 × 167至2 500 + 1.96 × 167，即2 170万美元至2 830万美元。

例12-1说明，历史模拟法所求得的VaR估计的标准差较大，随着置信程度的提高，标准差也会增大。例如，假定例12-1中VaR所对应的置信程度为95%而不是99%，标准差会由167万美元降至95万美元。标准差随着抽样数据数量的增加会有所降低，但降低的速度仅仅与数据量的平

⊖ 见M. G. Kendall and A. Stuart, *The Advanced Theory of Statistics*, Vol. 1: *Distribution Theory*, 4th edn, London: Griffin, 1972。

方根成反比。如果将例 12-1 所对应的抽样数据增长 4 倍，即由 500 个增至 2 000 个（大约由 2 年数据增加到8 年数据），标准差减小一半，即由 167 万美元降至 83 万美元。

另外，我们应该认识到历史模拟法假设市场变量每天变化的联合分布随时间的变化满足一定的稳态条件（stationary condition）。这一条件在计算 VaR 过程中往往不成立，因此，这对 VaR 的估计增加了一定的不定性。

对于表 12-1 至表 12-4 的数据，损失的均值为 1 280 美元，方差为 97 555 美元，假定损失服从正态分布，采用与例 12-1 类似的计算得出，$f(x)$ 为 0. 000 273 2，近似值的标准差（以千计）等于

$$\frac{1}{0.000\,273\,1} \times \sqrt{\frac{0.01 \times 0.99}{500}} = 16.287$$

VaR 等于 247 257 美元，相应的 95% 的置信区间为［215 000 美元，280 000 美元］。

对于损失估计，采用正态分布的假设并不一定很好，这是因为损失分布比正态分布有更肥大的尾部（损失分布的超额峰度（excess kurtosis）为 4. 2，而正态分布的超额峰度为 0），在一个更为复杂的分析过程中，$f(x)$ 可被假设为服从 Pareto 分布，在本章以后的内容中将对这一分布进行讨论）。

12. 3 历史模拟法的推广

历史模拟法的一个关键假设是：历史在某种意义上是对将来的一种指导，更为准确地讲，即假设由过去几年数据得出的市场变量的实证概率分布，是对明天市场变化的一个指导，不幸的是，市场变量并非静态（nonstationary），有时市场波动率很高，有时很低。本节，我们将提出 12. 1 节中基本历史模拟法的几种推广，推广的目的是对非静态性质进行调整。

12. 3. 1 对观察值设定权重

在最初的基本历史模拟法中，过去每一天的观察值所对应的权重为均等。较为准确地讲，当我们采集了 n 天的每天之间的价格变化数据后，我们对于这 n 个观察值中的任意一天所设定的权重均为 $1/n$。Boudoukh 等建议对最近的观察数据赋予更大的权重，这可以保证模型充分反映当前市场波动率以及当前市场经济环境的变化[⊖]。一种较为自然的权重选择是设定权重，使权重随时间回望期的延伸而按指数速度递减，在 9. 6 节介绍 EWMA 模型时，我们曾经对这一方法有过讨论。情形 1 所对应的权重（对应于最遥远的数据）等于 λ 乘以情形 2 的权重，情形 2 所对应的权重等于 λ 乘以情形 3 的权重，依此类推。所有权重之和为 1，情景 i 所对应的权重为

$$\frac{\lambda^{n-i}(1-\lambda)}{1-\lambda^{n}}$$

式中，n 为观察值的天数。当 λ 趋向于 1 时，这一权重趋向于基本历史模拟法的权重，也就是说权重趋向于 $1/n$（见练习题 12. 2）。

将所有的观察值由最坏到最好进行排序，我们可以计算出 VaR，由损失最坏的情形开始，我们开始累积计算每一项权重的和，当权重总和达到某指定分位数界限时，停止计算。例如，假定我们需要计算置信程度为 99% 的 VaR，将观察数据排序后，我们由最坏的损失开始计算权重和，

⊖ 见 J. Boudoukh, M. Richardson and R. Whitelaw, "The Best of Both Worlds: A Hybrid Approach to Calculating Value at Risk," *Risk*, 11 (May 1998), 64 - 67。

当权重和刚好超过0.01时，我们停止计算。这时所对应的损失恰恰是置信程度为99%的VaR。对于最佳参数λ的选取我们可以通过实验不同的λ，并在回顾测试中选取最佳匹配。与一般的历史模拟法相比，指数加权法的缺点在于其应用的实际抽样的数量的较小，但采用一个较大的n是对这一缺陷的补救。事实上，随着时间的推移，我们并不需要舍弃那些对应权重较低，即较为陈旧的数据。

表12-5显示当将这一方法应用与12.1节中讨论的组合所得出的结果，其中$\lambda=0.995$。当置信程度为99%时，VaR对应于第3个最糟糕的情形，即341 366美元（而不是第5个最糟情形，即247 571美元），原因是最近的观察值对应较高的权重，最大损失发生时间相对较近，12.1节的标准计算对所有的观察值设定的权重为1/500=0.002，最大损失对应于情形494，这一情形所对应的权重为

表12-5 对于设有权重的500个情形的损失（由最高到最低排序）

情形编号	损失（以1 000计）	权重	累积权重
494	499.395	0.005 28	0.005 28
339	359.440	0.002 43	0.007 71
329	341.366	0.002 31	0.010 02
349	251.943	0.002 55	0.012 58
487	247.571	0.005 10	0.017 98
131	241.712	0.000 86	0.018 53
227	230.265	0.001 39	0.019 92
495	227.332	0.005 31	0.025 23
441	225.051	0.004 05	0.029 28
⋮	⋮	⋮	⋮

$$\frac{(0.995^6)\times 0.005}{1-0.995^{500}}=0.005\,28$$

12.3.2 在历史模拟法中包括波动率的更新

约翰·赫尔和艾伦·怀特建议了一种方法使得在历史模拟法中可以包括更新的波动率[⊖]。赫尔和艾伦·怀特的方法将市场变量波动率的更新模式，例如，在第5章有所讨论的EWMA或GARCH(1，1)模型，与历史模拟法并用。假定在第$i-1$天末，对于某市场变量的波动率估计为σ_i，这一数值是在第$i-1$天末对第i天末的波动率的估计。假定现在为第n天末，对于市场变量当前的波动率估计为σ_{n+1}，这一波动率的适用区间段为从今天到明天这一计算VaR的时段。

假定σ_{n+1}是σ_i的两倍，这意味着我们对某市场变量今天的波动率的估计为第$i-1$天的波动率估计的两倍，因此可以预见今天到明天的变化量也应该是从第$i-1$天到第i天变化量的两倍。在进行历史模拟分析时，我们试图由历史上第$i-1$天至第i天的变化而得出由今天到明天变化的一个抽样，很自然我们应该将第$i-1$天至第i天的变化乘以2。一般来讲，在实施这一想法时，式（12-1）中的市场变量在第i个情形会变成

$$v_n\frac{v_{i-1}+(v_i-v_{i-1})\sigma_{n+1}/\sigma_i}{v_{i-1}} \qquad (12\text{-}2)$$

在模拟过程中，我们对所有的市场变量均采取以下处理方式。

这一方法自然、直观地考虑了波动率的变化，VaR的估计值包括最新的市场信息，这样计算出的VaR可能会大于交易组合对应于历史任意一天情形变化而计算出的损失。约翰·赫尔及艾伦·怀特采用汇率及股指数据证明，这一方法的确是比传统历史模拟法及指数加权方法要好。最后我们指出，我们也能够开发出其他更为复杂的计算方法，这些方法既包含最新波动率估计，又包含最新相关系数的估计。

⊖ 见J. Hull and A. White, "Incorporating Volatility Updating into the Historical Simulation Method for Value-at-Risk," *Journal of Risk*, 1, No.1 (Fall 1998), 5-19。

表 12-6 对于接下一天，利用 EWMA 模型计算出的波动率（%每天），$\lambda=0.94$

天数	日期	DJIA	FTSE100	CAC 40	Nikkei 225
0	2006 年 8 月 7 日	1.11	1.29	1.34	1.47
1	2006 年 8 月 8 日	1.08	1.25	1.30	1.51
2	2006 年 8 月 9 日	1.07	1.22	1.29	1.50
3	2006 年 8 月 10 日	1.04	1.19	1.28	1.45
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
499	2008 年 9 月 24 日	2.21	3.01	3.00	2.06
500	2008 年 9 月 25 日	2.19	2.96	2.98	2.01

从表 12-2 出发，假定 $\lambda=0.94$，我们可以估计每天波动率，计算结果被显示在表 12-6 中[⊖]，对于 DJIA、FTSE 100、CAC 40 和 Nikkie 2225 指数在 2008 年 9 月 26 日得出的波动率（表的最后一行）与在 2008 年 8 月 8 日得出的波动率（表的第 1 行）比率分别为 1.98，2.30，2.22，1.37，这些比率是作为 2006 年 8 月 7 日至 8 月 8 日指数变化的乘数因子；类似地，对于这些股票指数，在 2008 年 9 月 26 日得出的波动率（表的最后一行）与在 2008 年 8 月 9 日得出的波动率（表的第 2 行）的比率分别为 2.03，2.37，2.29，1.33，这些比率是作为2006 年 8 月 8 日至 8 月 9 日指数变化的乘数因子；其他 498 天每天变化的乘数因子可以采用类似的方法得出。

表 12-7 经波动率调节的 500 个情形的、由高到低进行排序后的损失

情形编号	损失（以 1 000 计）
131	1 296.165
494	795.395
329	685.969
227	683.820
339	591.640
441	532.168
74	494.609
193	485.853
292	460.600
⋮	⋮

因为波动率是在历史数据的结束时达到最高，波动率调解的效果是对于 500 个情形的盈亏增加了变动幅度，将损失由最高到最低进行排序后，与表 12-4 相比，我们看到损失幅度要高得多。1 天展望期的，99% VaR 为 591 640 美元，这大约是由标准法计算出的 VaR 的两倍。

在实际情况下，股票市场在 2008 年其他时段仍然很高，1 天内指数变化在 5% ~10% 的变化并非异常，采用波动率调解的方式来计算 VaR 比标准方法更好。

12.3.3 自助法

统计自助法（bootstrap method）是对基本历史模拟法的另外一种变形，其目的是为了计算置信区间，在这种方法中，我们首先需要用传统的手段，以历史数据的变动为基础计算出交易组合的价值变化，然后对数据进行再替换抽样，并由此来产生新的抽样数据，对每一组新的数据我们都要计算相应的 VaR，95% VaR 的置信区间估计恰好介于由新产生数据所计算出的 VaR 分布中第 2.5 个分位数及第 97.5 个分位数所界定的范围。

例如，假定有 500 个数据，我们可以采用再替换的形式对数据进行抽样 500 000 次，由此可以产生 1000 组 500 天的数据，对于每一组数据我们可以进行 VaR 的运算，对于计算值我们从小到大进行排列，假如名列第 25 位的 VaR 值为 530 万美元，名列第 475 位的 VaR 值为 890 万美元，那么

⊖ 对于如何开始一个方差序列，我们必须做出决策，我们应指出，任何合理的方法均可被采用，由不同方法所得出的最终结果没有太大的不同。我们这里所采用的最初方差等于整个取样样本的方差。

对应于95%置信水平的置信区间范围为530万~890万美元。通常来讲，由自助法计算出的对应于95%置信水平的置信区间范围要小于由12.2节中的方法计算出的置信区间范围。

12.4 极值理论

在9.4节中，我们介绍了幂律，并且解释了由幂律出发如何对不同分布的尾部进行估计。在此我们将讨论幂律的理论基础，并且给出比9.4节更为复杂的计算方法，描述尾部分布的理论被称为极值理论（extreme value theory，EVT）。本节我们将讨论如何应用极值理论来改善对VaR的估计，以及如何将极值理论应用于高置信水平的VaR估计，极值理论可以使基于实证分布的外插过程变得更加光滑。

12.4.1 主要成果

Gnedenko在1943年证明了极值理论的一个主要结论[1]，这一结论可以描述多种概率分布的尾部状态。

假定 $F(v)$ 为变量 v 的累积分布函数（例如，在一段时间段上组合的损失），u 为 v 右端尾部的一个数值，v 介于 u 与 $u+y(y>0)$ 之间的概率为 $F(u+y)-F(u)$，v 大于 u 的概率为 $1-F(u)$，定义 $F_u(y)$ 为在 $v>u$ 条件下，v 介于 u 与 $u+y$ 之间的条件概率

$$F_u(y) = \frac{F(u+y)-F(u)}{1-F(u)}$$

数量 $F_u(y)$ 定义了右端尾部的概率分布，这一数量是在 $v>u$ 条件之下，变量超出 u 的累积概率分布。

Gendenko的结果阐明，对于多种概率分布 $F(v)$，分布 $F_u(y)$（随着 u 的增加）趋向于广义Pareto分布，广义Pareto分布的累积分布函数为

$$G_{\xi,\beta}(y) = 1-\left(1+\xi\frac{y}{\beta}\right)^{-1/\xi} \tag{12-3}$$

这一分布中的两个参数 ξ，β 必须通过数据得以估计，参数 ξ 与分布的形状有关，这一参数决定了尾部分布的肥瘦（heaviness），参数 β 是分布的规模因子。

当变量 x 服从正态分布时，$\xi=0$[2]；当尾部分布变得越来越肥，对应的 ξ 值也越来越大，对于大多数金融数据而言，ξ 为正并且介于0.1~0.4之间[3]。

12.4.2 参数 ξ 和 β 的估计

我们可以采用最大似然法来估计参数 ξ 及 β（见9.9节），将式（12-3）对 y 求导，我们可以得出概率分布的密度函数，即

$$g_{\xi,\beta}(y) = \frac{1}{\beta}\left(1+\frac{\xi y}{\beta}\right)^{-1/\xi-1}$$

首先我们选定数值 u，这一数值可能同实证分布（empirical distribution）中的95%的分位数较为接

---

[1] 见D. V. Gnedenko, "Sur la distribution limité du terme d'une série aléatoire," *Ann. Math.*, 44 (1943), 423-453。

[2] 当 $\xi=0$ 时，广义Pareto分布的形式为 $G_{\xi,\beta}(y)=1-\exp\left(-\frac{y}{\beta}\right)$。

[3] 由式（12-3）所定义的分布在 $k\geqslant 1/\xi$ 时，分布的 k 阶矩 $E(x^k)$ 为无穷大；正态分布的所有阶矩均为有限；当 $\xi=0.25$ 时，分布的矩只有前三阶为有限；当 $\xi=0.5$ 时，分布的矩只有第一阶为有限，等等。

近，我们将所有大于 u 的 v 观察值按从大到小进行排序，假定在所有观察值中有 n_u 个抽样大于 u，我们将这些观察值命名为 $v_i(1\leqslant i\leqslant n_u)$。假定 $\xi\neq 0$，这里的似然函数为

$$\prod_{i=1}^{n_u}\frac{1}{\beta}\left(1+\frac{\xi(v_i-u)}{\beta}\right)^{-1/\xi-1}$$

对以上函数求极大值与对其对数求极大值等价，以上函数的对数为

$$\sum_{i=1}^{n_u}\ln\left[\frac{1}{\beta}\left(1+\frac{\xi(v_i-u)}{\beta}\right)^{-1/\xi-1}\right] \tag{12-4}$$

我们可以采用标准的数值程序来求取 ξ 及 β 以使得式（12-4）达到极大值。Excel 中的 Solver 程序可以产生很好的计算结果。

12.4.3 对尾部分布估计

在 $v>u$ 的条件下，$v>u+y$ 的概率分布为 $1-G_{\xi,\beta}(y)$；$v>u$ 的概率分布为 $1-F(u)$，因此 $v>u+y$ 的无条件概率分布为

$$[1-F(u)][1-G_{\xi,\beta}(x-u)]$$

如果 n 为观察值的总数量，由实证数据所得出的对于 $1-F(u)$ 的估计值为 n_u/n，因此 $v>x(x>u)$ 的无条件概率为

$$\text{Prob}(v>x)=\frac{n_u}{n}[1-G_{\xi,\beta}(x-u)]=\frac{n_u}{n}\left(1+\xi\frac{x-u}{\beta}\right)^{-1/\xi} \tag{12-5}$$

12.4.4 与幂律的等价性

令 $u=\beta/\xi$，式（12-5）被简化为

$$\text{Prob}(v>x)=1-\frac{n_u}{n}\left(\frac{\xi x}{\beta}\right)^{-1/\xi}$$

即

$$Kx^{-\alpha}$$

其中

$$K=\frac{n_u}{n}\left(\frac{\xi}{\beta}\right)^{-1/\xi}$$

及 $\alpha=1/\xi$，以上过程证明了式（12-5）与9.4节中的幂律等价性。

12.4.5 左端尾部

截至目前，我们只讨论概率分布的右端，关于左端，我们可以变换 $-v$ 并用以上方法求得左端的尾部分布。例如，假定一家石油公司已经采集了每天石油价格变化的数据，并想求得在99.9%概率下，石油价格的下跌不会被超出的数量，该数量可以从石油价格增长的左端分布中得出，在分析中，石油公司可以改变每个数据的符号（描述价格增长的数据会变成下跌数据），并采用以上方法来分析。

12.4.6 计算 VaR 和预期亏损

为了计算对应于置信水平为 q 的 VaR，我们需要对以下方程求解

$$F(\text{VaR})=q$$

由式（12-5）我们得出

$$q = 1 - \frac{n_u}{n}\left(1 + \xi\frac{\text{VaR} - u}{\beta}\right)^{-1/\xi}$$

因此

$$\text{VaR} = u + \frac{\beta}{\xi}\left[\left(\frac{n}{n_u}(1 - q)\right)^{-\xi} - 1\right] \tag{12-6}$$

预期亏损（见8.3节）为[1]

$$\text{预期亏损} = \frac{\text{VaR} + \beta - \xi u}{1 - \xi} \tag{12-7}$$

12.5　极值理论的应用

考虑表12-1～表12-4中的数据，当$u=200$时，由表12-4，我们可以看出$n_u=13$（即有13个情形，损失大于200 000美元），表12-8显示对于$\beta=40$和$\xi=0.3$时的计算，这时，由表12-4给出的似然函数的对数为-66.98。

表12-8　对于表12-4的极值理论计算

情形数码	损失（以1 000美元计）	排序	$\ln\left[\frac{1}{\beta}\left(1+\frac{\xi(v_i-u)}{\beta}\right)^{-1/\xi-1}\right]$
494	499.395	1	-8.79
339	359.440	2	-7.10
329	341.366	3	-6.82
299	251.943	4	-5.11
487	247.571	5	-5.01
131	241.712	6	-4.87
227	230.265	7	-4.58
495	227.332	8	-4.50
441	225.051	9	-4.43
376	217.945	10	-4.24
306	211.797	11	-4.06
365	202.970	12	-3.78
242	200.116	13	-3.69
总计			-66.98
EVT系数试验计算估计			
ξ	β		
0.3	40		

注：$u=200$、$\beta=40$、及$\xi=0.3$。

采用Excel计算表中的Solver程序，我们可以求得使得似然函数达到最大值的β和ξ的取值为

$$\beta = 43.526 \quad 和 \quad \xi = 0.371$$

最大似然函数的对数为-66.88[2]。

假定我们希望估计交易组合在2008年9月25日和9月26日之间，损失大于300 000美元（交易组合价值的3%）的损失概率，由式（12-5）得出，这一概率为

$$\frac{13}{500}\left(1+0.371\times\frac{300-200}{43.526}\right)^{-1/0.371} = 0.0049$$

这比从观察值直接数出来要更为准确，类似地，损失大于500 000美元（交易组合价值的5%）的概率为0.000 85。

由式（12-6）得出，在99%的置信区间下的VaR值为

$$200 + \frac{43.526}{0.371}\left[\left(\frac{500}{13}(1 - 0.99)\right)^{-0.371} - 1\right] = 249.9$$

即249 900美元（这时对于VaR的估计十分接近第5个最大损失，但情况并不是总是这样）。在99.9%的置信区间下的VaR值为

$$200 + \frac{43.526}{0.371}\left[\left(\frac{500}{13}(1 - 0.999)\right)^{-0.371} - 1\right] = 475.8$$

即475 800美元。

---

[1] 式（12-7）尽在当$\xi<1$时成立；如果$\xi\geq1$，预期亏损发散。——译者注

[2] 如9.9节所述，当多个被搜索数值比较接近时，Solver程序运作得比较好。

因为在保证一定精度下，对预期亏损的估计具有难度，式（12-7）提供了一个关于极值理论的有意义的应用，在我们的例子中，当置信水平为99%时，预期亏损为

$$\frac{249+43.526-0.371\times 200}{1-0.371}=348.5$$

即348 500美元。当置信水平为99.9%时，预期亏损为

$$\frac{475.8+43.526-0.371\times 200}{1-0.371}=707.7$$

即707 700美元。

极值理论可以较容易地与第12.3节的波动率调解过程相结合（见练习题12.11），极值理论也可以与第12.3节讨论的对数据进行加权的过程进行结合，这时，式（12-4）中的求和中的每一项必须要乘以用于不同观察值的权重。

一个最终的计算是对第12.2节估计的，在99%置信度VaR的置信区间进行调解，由式（12-4）出发，在损失大于200的条件下，相应的概率密度函数在损失概率分布达到VaR的水平下的取值为

$$\frac{1}{43.526}\left(1+\frac{0.371\times(249.9-200)}{43.526}\right)^{-1/0.371-1}=0.0062$$

无条件概率密度在VaR水平下的取值为$n_u/n=13/500$与以上数量的乘积，即0.000 16，这可以作为是对第12.2节$f(x)$的估算，这种做法可将VaR的置信区间增大约70%。

有关u的选择

在计算过程中，我们会遇到一个很自然的问题，那就是如何选定变量u？我们常常发现ξ和β取决于u，但$F(x)$的估计值大致相同（练习题12.10考虑了我们讨论例子中将u从200变为175的情形），我们希望将u设定为足够大，来保证我们确实考虑了尾部分布的情形，并同时希望将u设定为足够低，来保证最大似然的计算不会太低，在计算中使用更多的数据会提高对于尾部评估的精度，我们在算法中应用了500个数据，理想的做法是应用更多的数据。

一个经验法则是保证u近似等于实证分布中的95%的分位数（在我们考虑的数据中，实证分布中的95%的分位数为168.6），对ξ和β最佳值进行求解时，我们要保证这些参数为正，如果优化程序将ξ设为负值，这可能是由于（a）分布的尾部不比正态分布更为肥大；（b）对参数u的选取不当。

12.6 小结

历史模拟法是计算VaR最流行的一种方法，在这一方法中需要构造一段期限内市场变量每天变化的数据库，模拟计算的第1个抽样假定市场变量的百分比变化等于数据库所覆盖的第1天数据的百分比变化；计算中的第2个抽样假定市场变量的百分比变化等于数据库所覆盖的第2天数据的百分比变化；依此类推。对于任给的抽样，我们可以计算出交易组合的变化，最后从交易组合的变化值的概率分布的分位数中我们可以求得交易组合的VaR。在历史模拟法中，我们假定历史会重演，由历史模拟法所求得的VaR的标准差往往很大，对应置信水平越高，VaR的标准差也会越大。

对于一般的历史模拟法有几种推广，抽样所对应的权重可以随着回望期时间长度的增加按某种指数形式降低，市场变量波动率的更新可以在历史模拟法中得以应用，这种对波动率的更新是为了体现市场变量从今天到明天的变化幅度与历史数据中的某天变化幅度的差距。

极值理论可以使由历史数据所得出的概率分布的尾部变得光滑，可以使我们求得的VaR体现

整个尾部的形状，而不是只与尾部的某些个别损失有关。在置信水平较高时，极值理论也可以用来计算 VaR。例如，即使我们只有 500 天的数据，极值理论可以用于置信水平为 99.9% 的 VaR 估算。

推荐阅读

Boudoukh, J., M. Richardson, and R. Whitelaw, "The Best of Both Worlds," *Risk*, May 1998: 64 – 67.

Embrechts, P., C. Kluppelberg, and T. Mikosch, *Modeling Extremal Events for Insurance and Finance*. New York: Springer, 1997.

Hendricks, D., "Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data," *Economic Policy Review*, Federal Reserve Bank of New York, Vol. 2 (April 1996): 39 – 69.

Hull, J. C., and A. White, "Incorporating Volatility Updating into the Historical Simulation Method for Value at Risk," *Journal of Risk*, 1, 1 (1998): 5 – 19.

McNeil, A. J., "Extreme Value Theory for Risk Managers," in: *Internal Modeling and CAD II*, London: Risk Books, 1999. See also www.math.ethz.ch/~mcneil.

Neftci, S. N., "Value at Risk Calculations, Extreme Events and Tail Estimation," *Journal of Derivatives*, 7, 3 (Spring 2000): 23 – 38.

练习题

12.1 采用 500 天的历史数据来计算 VaR 需要什么样的假设?

12.2 请证明当 λ 趋向于 1 时，12.3 节中的权重趋向于基本历史模拟法的权重。

12.3 假定我们由 1 000 个观察值所得出一天展望期的，95% VaR 为 500 万美元，将观察值与标准分布进行匹配，损失分布对应于 95% 分位数的概率密度函数值为 0.01，这里损失计量为百万元，请问 VaR 的标准差为多少?

12.4 在 12.1 节中计算出的一天展望期的，99% VaR 为 247 571 美元，利用作者网页上的计算表来计算：（a）一天展望期的，95% VaR；（b）一天展望期的，97% VaR。

12.5 利用作者网页上的计算表，及 12.1 节的基本方法来计算一天展望期的 99% VaR，假定资金是按等量投资于 4 个指数。

12.6 对于我们考虑的例子，通过 12.3 节中对观察值进行加权（weighting-of-observations）所得出的 1 天展望期的 99% VaR 等于 341 366美元，将计算过程中的参数 λ 由 0.995 变为 0.99，利用作者网页上的计算表来计算 1 天展望期的 99% VaR。

12.7 对于我们考虑的例子，通过 12.3 节中的对波动率进行更新方法所得出的 1 天展望期的 99% VaR 等于 591 640 美元，将计算过程中的参数 λ 由 0.94 变为 0.96，利用作者网页上的计算表，计算 1 天展望期的，99% VaR。

12.8 在 12.4 节的极值理论应用中，损失大于 400 000 美元的概率为多少?

12.9 在 12.4 节的极值理论应用中，在 97% 置信区间下的 1 天展望期的，97% VaR 为多少?

12.10 在 12.4 节的极值理论应用中，将 u 由 200 变为 175，这会对最大似然估计的 ξ 和 β 会有什么样的影响，这将对 1 天展望期的 VaR 产生如何影响，考虑置信范围分别为（a）99%；（b）99.9% 的情形。

12.11 对于经表 12-7 描述的波动率更新程序处理的，以及作者网页上的数据进行极值分析，在分析中假定 $u = 400$，ξ 和 β 的最佳匹配值为多少? 计算一天展望期的 VaR，假定置信范围分别为 99% 和 99.9%，损失大于 600 000 美元的概率为多少?

作业题

12.12　假定由2 000个数据所得出的一天展望期的，97.5% VaR的估计值为1 300万，假定我们观测到的每天价格变化大致服从正态分布，分布的期望值为0，标准差为600万美元，求取99% VaR的置信区间。

12.13　假定在12.1节所考虑的投资组合的资金分配（以千元为计量）为，在DJIA为3 000，在FTSE为3 000，在CAC 400为1 000，在Nikkie 225为3 000，利用作者的网页上的计算表来计算：（a）12.1节计算的1天展望期的99% VaR；（b）利用12.3节讨论的对观察值进行加权方法，来求得1天展望期的99% VaR；（c）利用12.3节讨论的对波动率观察值进行更新方法，来求得1天展望期的99% VaR；（d）利用12.4节讨论的极值理论来，求得1天展望期的99% VaR。

12.14　极值理论对于12.3节中的结果的影响是什么？在计算中请将u设定为350。

12.15　对于12.3节中我们考虑的例子，通过对观察值进行加权所得出的1天展望期的99% VaR等于341 366美元，将计算过程中的参数λ由0.995变为0.985，利用作者网页上的计算表来计算1天展望期的99% VaR。

12.16　对于12.3节中考虑的例子，通过对波动率进行更新所得出的1天展望期的99% VaR等于591 640美元，将计算过程中的参数λ由0.94变为0.92，利用作者网页上的计算表来计算1天展望期的99% VaR。

12.17　在作者网页上，读者可以下载2006年3月10日之前的1 500天的NASDAQ股指数据，采用以下不同方法来计算2006年3月10日的一天展望期的99% VaR，交易组合面值为1 000万元：（a）基本历史模拟法；（b）12.3节中的指数加权方法，参数$\lambda=0.995$；（c）12.3节中波动率更新方法，参数$\lambda=0.94$（假定波动率的初始值等于整个抽样的标准差）；（d）极值理论，在计算中变量u被设定为300；（e）假定天回报率服从正态分布（请分别采用相等的权重及参数$\lambda=0.94$的EWMA方法来估计天回报率的标准差）。讨论以上不同方法会产生不同结果的原因。

CHAPTER 13

第 13 章

市场风险：模型构建法

除了历史模拟法之外，另外还有一种计算市场风险 VaR 的方法，这种方法被称为模型构建法（model-building）或方差协方差法（variance-covariance）。在这一方法中，我们需要对市场变量的联合分布做出一定的假设，并采用历史数据来估计模型中的参数。

模型构建法对由股票、债券、商品和其他产品长短头寸所组成的资产组合十分适用，其理论基础是马科维茨关于组合管理的先驱性理论（见 1.1 节）。由资产组合中的基础资产的均值和方差，以及产品回报的相关性，我们可以估计市场变量的方差及协方差。假设市场变量每天的百分比变化（daily percentage change）服从正态分布，并且组合价值变化每天的变化也服从正态分布，在这两种假设之下我们可以很快计算出交易组合的 VaR。

我们将要看到，模型构建法难以应用于包含期权类非线性产品的资产组合，如果我们不大幅度增加计算时间，我们将很难放宽回报服从正态分布这一假设。

13.1 基本方法论

我们现在考虑当交易组合只包含单一资产时如何用模型构建法来计算 VaR。假定交易组合只包含价值为 1 000 万美元的微软公司股票，在计算中我们选择 10 天的展望期，同时我们假定置信水平为 99%，在这里我们是在寻求交易组合在 10 天展望期内 99% 的置信水平下，损失不能超出的数量。在计算过程中我们首先将展望期选定为一天。

我们假定微软公司股票的波动率为每天 2%（对应于年波动率 32%）[⊖]，因为交易头寸的数量为 1 000 万美元，交易组合每天价值变化的标准差为 1 000 万美元的 2%，即 200 000 美元。

⊖ 如 9.1 节所示，在计算 VaR 时，波动率通常是以每天为计量，而在期权定价时，通常是以每年为计量，我们可以将每天波动率乘以 $\sqrt{252}$，即大约为 16，转化为每年的波动率。

在模型构建法中，我们往往需要假定在展望期上，市场价格变化的期望值为0，这一假设虽然不是绝对正确，但无论如何是一个合理假设。同标准差相比，市场变量在一个较小区间内价格变化的期望值相对较小。例如，微软公司的年回报大约是20%，以一天计，预期回报大约是0.20/252=0.08%，与此对应每天价格变化的标准差大约为2%。考虑10天的展望期，预期回报大约为0.08%×10即0.8%，而10天所对应的回报标准差为2%×$\sqrt{10}$，即6.3%。

截至目前，我们得出微软公司的股票每天价格变化的标准差为200 000美元，并且（以近似意义来讲）每天价格变化的均值为0。我们假定价格的变化服从正态分布[⊖]。因为$N(-2.33)=0.01$，我们得出在正态分布下，价格变化下降大于2.33倍的标准差的概率为1%，另外一种等价的说法是，在正态分布下，我们有99%的把握肯定价格下降程度不会超过2.33倍的标准差，因此，我们得出1000万美元的微软股票的一天展望期的99% VaR等于

$$2.33 \times 200\,000 = 466\,000(\text{美元})$$

假定微软股票每天之间变化相互独立，因此N天的VaR等于一天的VaR乘以$\sqrt{N}$。10天的99% VaR等于

$$466\,000 \times \sqrt{10} = 1\,473\,621(\text{美元})$$

接下来我们考虑价值为500万美元的AT&T的股票投资。假定，AT&T的每天价格波动率为1%（这对应于每年16%），采用与微软股票类似的计算，我们得出AT&T的每天价格变化的标准差为

$$5\,000\,000 \times 0.01 = 50\,000(\text{美元})$$

假定价格的变化为正态分布，一天展望期的99% VaR等于

$$50\,000 \times 2.33 = 116\,500(\text{美元})$$

10天展望期的99% VaR等于

$$116\,500 \times \sqrt{10} = 368\,405(\text{美元})$$

13.1.1　两个资产的情形

接下来让我们考虑由价值1 000万美元微软股票及价值为500万美元的AT&T股票的交易组合。我们假定微软及AT&T的股票价值变化服从二元正态分布，分布中的相关系数为0.3。由统计学中一个标准的结果得出，如果变量X及Y的方差分别为σ_X及σ_Y，变量的相关系数为ρ，那么$X+Y$的标准差为

$$\sigma_{X+Y} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + 2\rho\sigma_X\sigma_Y}$$

在应用这一结果时，我们令X为微软股票价格每天的价格变化，令Y为AT&T股票价格每天的价格变化，

$$\sigma_X = 200\,000, \quad \sigma_Y = 50\,000$$

因此，由两种股票所组成的交易组合的标准差为

$$\sqrt{200\,000^2 + 50\,000^2 + 2 \times 0.3 \times 200\,000 \times 50\,000} = 220\,227$$

交易组合价值变化的期望值为0，并且价值变化服从正态分布。我们得出一天展望期的99% VaR等于

$$220\,227 \times 2.33 = 513\,129(\text{美元})$$

10天展望期的99% VaR = $\sqrt{10}$×513 129 = 1 622 657（美元）。

⊖ 我们可以假定微软股票价格在明天的分布为对数正态（lognormal），因为一天展望期的时间很短，在这里对数正态假设与我们以前所做的正态的假设几乎没有什么区别。

13.1.2 风险分散的收益

我们以上考虑的例子满足以下性质：

- 由单一微软股票组成的交易组合的 10 天展望期的 99% VaR 等于 1 473 621 美元。
- 由单一 AT&T 股票组成的交易组合的 10 天展望期的 99% VaR 等于 368 405 美元。
- 由微软及 AT&T 两种股票组成的交易组合的 10 天展望期的 99% VaR 等于 1 622 657 美元。

数量

$$(1\,473\,621 + 368\,405) - 1\,622\,657 = 219\,369(\text{美元})$$

代表风险分散的收益。如果微软及 AT&T 的相关系数等于 1，由微软及 AT&T 共同组成的交易组合的 VaR 等于微软的 VaR 加上 AT&T 的 VaR，因为相关系数小于 1，这一性质会造成部分风险的分散化解（diversified away）[㊀]。

13.2 推广

以上讨论的例子是采用线性模型来计算 VaR 的特例。假定，我们持有某交易组合的价值为 P，在交易组合中有 n 个不同资产，投资组合中资产 $i(1\leqslant i\leqslant n)$ 的数量为 α_i，定义 Δx_i 为资产 i 的每天回报，投资 α_i 数量于资产 i 所产生的每天回报为 $\alpha_i\Delta x_i$，并且

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \Delta x_i \tag{13-1}$$

式中，ΔP 为整个交易组合实际的价值变化。

在上一节讨论的例子中，投资组合在第 1 项资产（微软股票）的投资数量为 1 000 万美元，在第 2 项资产（AT&T）的投资数量为 500 万美元，因此 $\alpha_1=10$，$\alpha_2=5$ 及

$$\Delta P = 10\Delta x_1 + 5\Delta x_2$$

式中，α_1，α_2，ΔP 以百万美元计。如果我们假定式（13-1）中的 Δx_i 服从多元正态分布，因此 ΔP 服从正态分布。为了计算 VaR，我们只需要计算出 ΔP 的期望值及标准差。从上一节任意一项 Δx_i 的期望值为 0 的假设出发，我们得出 ΔP 的期望值也为 0。

为了计算 ΔP 的标准差，我们假定 σ_i 为第 i 项资产的每天波动率，ρ_{ij} 为资产 i 及资产 j 的相关系数[㊁]，这意味着 Δx_i 的标准差为 σ_i，Δx_i 及 Δx_j 的相关系数为 ρ_{ij}，将 ΔP 的方差记为 σ_P^2，我们有

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \rho_{ij}\alpha_i\alpha_j\sigma_i\sigma_j$$

该式也可以写为

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i^2\sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n}\sum_{j<i} \rho_{ij}\alpha_i\alpha_j\sigma_i\sigma_j \tag{13-2}$$

N 天展望期的标准差为 $\sigma_P\sqrt{N}$，因此 N 天展望期的 99% VaR 等于 $2.33\sigma_P\sqrt{N}$。

交易组合在一天内的回报为 $\Delta P/P$，从式（13-2）得出，组合的天回报的方差为

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \rho_{ij}w_iw_j\sigma_i\sigma_j$$

式中，$w_i=\alpha_i/P$ 为组合中第 i 个投资的权重，这一结果最初由马科维茨在 1952 年给出（见第 1 章）。

㊀ 在交易组合价值变化为正态分布时，VaR 能够体现风险分散的收益。但是我们在 8.4 节曾看到，VaR 并不一定永远能分散收益，两个交易组合在合并后所产生的 VaR 可能会大于两个交易组合的 VaR 的总和。

㊁ ρ_{ij}有时可以通过某种因子模型来计算（见 10.3 节）。

在前一节所考虑的例子中，$\sigma_1=0.02$，$\sigma_2=0.01$ 及 $\rho_{12}=0.3$，我们曾指出 $\alpha_1=10$ 及 $\alpha_2=5$，因此

$$\sigma_P^2 = 10^2\times0.02^2+5^2\times0.01^2+2\times10\times5\times0.3\times0.02\times0.01 = 0.0485$$

即 $\sigma_P=0.220$，这一数量为交易组合每天价值变化的标准差（以百万美元计），10 天展望的 99% VaR 等于 $2.33\times0.220\times\sqrt{10}=162.3$ 万美元，这与上一节所计算的数值完全一致。

13.3 相关性矩阵和协方差矩阵

相关性矩阵的第 i 行和第 j 列为变量 i 和 j 的相关系数 ρ_{ij}，如矩阵表 13-1 所示。因为变量与自身永远具有完美的相关性（即全相关），相关性矩阵对角元素为 1，另外，因为 $\rho_{ij}=\rho_{ji}$，矩阵具有对称性，将相关性矩阵与变量的每天变化的标准差结合，我们可以利用式（13-2）来计算组合的方差。

表 13-1 相关性矩阵

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \cdots & \rho_{1n} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \cdots & \rho_{2n} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \cdots & \rho_{3n} \\ \vdots & & & & \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \rho_{n3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

注：ρ_{ij} 为变量 i 和 j 的相关系数。

与其直接对相关系数和波动率进行运作，分析人员在分析中常常会使用方差和协方差，变量 i 的每天变化的方差 var_i 等于每天变化波动率的平方，即

$$\text{var}_i = \sigma_i^2$$

变量 i 和 j 的协方差等于变量 i 每天波动率、变量 j 每天波动率、变量 i 和 j 的相关系数 ρ_{ij} 的 3 项乘积，即

$$\text{cov}_{ij} = \sigma_i\sigma_j\rho_{ij}$$

式（13-2）的组合方差可以被表达为

$$\sigma_P^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\text{cov}_{ij}\alpha_i\alpha_j \tag{13-3}$$

在一个协方差矩阵中，第 i 行和第 j 列的元素为变量 i 和 j 的协方差。正如我们刚刚描述的那样，一个变量与自身的协方差等于方差本身，协方差矩阵的对角元为方差（见表 13-2），正是由于这个原因，协方差矩阵有时也被称为是方差 - 协方差矩阵（类似于相关性矩阵，协方差矩阵也为对称）。利用矩阵符号，式（13-3）可写为

$$\sigma_P^2 = \boldsymbol{\alpha}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{C}\boldsymbol{\alpha}$$

式中，$\boldsymbol{\alpha}$ 是 α_i 的向量，$\boldsymbol{C}$ 为方差 - 协方差矩阵，$\boldsymbol{\alpha}^{\mathrm{T}}$ 为 $\boldsymbol{\alpha}$ 的转置。

表 13-2 方差 - 协方差矩阵

$$\begin{bmatrix} \text{var}_1 & \text{cov}_{12} & \text{cov}_{13} & \cdots & \text{cov}_{1n} \\ \text{cov}_{21} & \text{var}_2 & \text{cov}_{23} & \cdots & \text{cov}_{2n} \\ \text{cov}_{31} & \text{cov}_{32} & \text{var}_{33} & \cdots & \text{cov}_{3n} \\ \vdots & & & & \\ \text{cov}_{n1} & \text{cov}_{n2} & \text{cov}_{n3} & \cdots & \text{var}_n \end{bmatrix}$$

注：cov_{ij} 是 i 变量和 j 变量的协方差，对角元为方差 $\text{cov}_{ii}=\text{var}_i$。

方差和协方差一般是从历史数据来求得，一种计算方法是对所有数据设定等同权重的标准方法，另一种方法是采用几何加权移动平均方法（exponentially weighted moving average method），这时为了保证矩阵为半正定，我们应对所有计算采用同一个 λ（见 10.2 节关于矩阵为半正定的条件），我们也可以使用 GARCH 模型，但保证矩阵为半正定的条件会更为复杂。

表 13-3 对于所有数据设定等权重所得出的相关矩阵

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.543 & 0.569 & 0.124 \\ 0.534 & 1 & 0.926 & 0.402 \\ 0.569 & 0.926 & 1 & 0.409 \\ 0.124 & 0.402 & 0.409 & 1 \end{bmatrix}$$

注：变量 1 为 DJIA、变量 2 为 FTSE、变量 3 为 CAC 40、变量 4 为 Nikkei 225。

13.3.1 涉及 4 个投资的例子

我们现在考虑第 12 章讨论的例子，该例涉及一个在 2008 年 9 月 25 日投资 400 万美元于道琼斯工业平均指数（DJIA）、300 万美元于 FTSE 100、100 万美元于 CAC 40 和 200 万美元于 Nikkie 225 的投资组合，为了计算，我们采集了截至 2008 年 9 月 25 日为止 500 天的历史数据，读者可以在网页 www.rotman.utoronto.ca/~hull/VaRExample 下载这些数据和有关计算表。

表 13-4 对于所有数据设定等权重所得出的协方差矩阵

$$\begin{bmatrix} 0.0001227 & 0.0000760 & 0.0000845 & 0.0000202 \\ 0.0000760 & 0.0001649 & 0.0001594 & 0.0000757 \\ 0.0000845 & 0.0001594 & 0.0001795 & 0.0000804 \\ 0.0000202 & 0.0000757 & 0.0000804 & 0.0002156 \end{bmatrix}$$

注：变量 1 为 DJIA、变量 2 为 FTSE、变量 3 为 CAC 40、变量 4 为 Nikkei 225。

表 13-3 是利用一般方法，即对 500 个回报数据采用等权重的方法求得的相关性矩阵，结果显示，FTSE 100 和 CAC 40 具有很高的相关性，DJIA 和与 FTSE 100 和 CAC 40 有一定程度的高相关性，Nikkie 225 与其他指数的相关性不像其他指数之间那么强，表 13-4 显示了协方差矩阵。

表 13-5 利用 EWMA 模型所求得的协方差矩阵

$$\begin{bmatrix} 0.0004896 & 0.0004324 & 0.0004379 & 0.0000763 \\ 0.0004324 & 0.0009006 & 0.0008801 & 0.0004202 \\ 0.0004379 & 0.0008801 & 0.0008986 & 0.0003902 \\ 0.0000763 & 0.0004202 & 0.0003902 & 0.0004232 \end{bmatrix}$$

注：$\lambda=0.94$；变量 1 为 DJIA、变量 2 为 FTSE、变量 3 为 CAC 40、变量 4 为 Nikkei 225。

由式（13-3）以及以上方差 - 协方差矩阵，我们得出组合损失的方差为 9 498.014 美元（以千计），标准差是以上数量的平方根，即 97.46，一天的 99% VaR 为 2.33 × 97.46（以千计）= 226 721（美元），我们可以将这一结果与由第 12 章标准历史模拟法产生的结果（即 247 541 美元）进行比较。

13.3.2 利用 EWMA 模型

与其利用对所有的市场回报采用等权重，我们可以利用几何加权移动平均方法（EWMA）来计算方差 - 协方差，在计算中采用参数 λ 为 0.94，表 13-5 显示了通过这种方法得出的方差 - 协方

差矩阵[1]。由式（13-3）以及方差-协方差所给出的组合损失的方差为45 570.235美元（以1 000美元计），标准差是以上数量的平方根，即213.472，一天的99% VaR为

$$2.33\times 213.472(\text{以1 000美元计})=496\,610\ (\text{美元})$$

以上结果比由等权重所求得结果的两倍还要高，表13-6和表13-7给出了产生这两个结果差别的原因。一个由资产长头寸所构成的资产组合的标准差会随资产标准差的增大以及相关系数的增大而增大。表13-6显示，由EWMA所得出的标准差比由等权重得出的标准差要高得多，这是因为与2008年9月25日紧邻的一段历史数据的波动率比其他500天数据的波动率要高得多，比较表13-7和表13-3，我们发现由EWMA得出的相关系数也比由等权重得出的相关系数要高得多[2]。

表13-6 利用等权重和EWMA模型所得出的波动率（每天%）

等权重	1.11	1.28	1.34	1.47
EWMA	2.21	3.01	3.00	2.06

表13-7 利用EWMA模型所求得的相关矩阵

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.649 & 0.660 & 0.168 \\ 0.649 & 1 & 0.975 & 0.678 \\ 0.660 & 0.975 & 1 & 0.633 \\ 0.168 & 0.678 & 0.633 & 1 \end{bmatrix}$$

注：变量1为DJIA、变量2为FTSE、变量3为CAC 40、变量4为Nikkei 225。

13.4 对于利率变量的处理

在风险分析过程中，我们不可能对每一个债券以及公司所面临的每一种利率风险都定义为一个单独的市场变量。在应用模型构建法时，我们必须进行一定的简化。一种简化方式是假定利率曲线只能平行移动，因此在分析中我们只需要定义一个市场变量，那就是平行移动的幅度。采用式（7-16）我们可以计算出对应于某一平行移动，债券组合价值的变化

$$\Delta P=-DP\Delta y$$

式中，P为交易组合的价格；ΔP为交易组合价格的日变化量；D为交易组合修正久期（modified duration）；Δy为收益率每天的平行移动量。以上方程显示ΔP与Δy之间存在某种线性关系，但这一关系式存在一定的精度问题，这一关系式不是恒等式。在以上表达式中，我们没有考虑利率曲线的非平行移动。在计算过程中，我们往往将以下期限的零息债券的价格作为市场的初始变量：1月、3月、6月、1年、2年、5年、7年、10年及30年。在计算VaR时，任意一种产品的现金流都要被映射到以上列出的标准期限。

我们考虑头寸为100万美元的债券，债券期限为0.8年，债券的券息为10%，券息一年复利两次，这一债券在0.3年及0.8年发放券息，并在0.8年偿还本金。此债券是由期限为0.3年的50 000美元零息债券与期限为0.8年的1 050 000美元零息债券叠加而成。在映射过程中，0.3年的头寸被等价的3个月及6个月头寸而取代；0.8年的头寸被等价的6个月及1年头寸而取代。因此，我们持有的0.8年期的带息债券分别被映射为3个月、6个月及1年的零息债券，这里描述的过程被称为现金流映射（cash-flow mapping）。

---

[1] 在EWMA方法中，方差最初可以被设定为所有观察值的方差，但由任意一个合理的初始方差所得出的最终结果都十分接近，而我们只是关心最终的方差结果。

[2] 在市场下跌时，相关性会增大，这一例子说明这一点。

13.4.1 有关现金流映射的说明

我们利用以上的例子进一步说明现金流映射的原理。在这里首先应该强调，以下讨论的方法只是众多映射方法中的一种。

首先我们考虑在0.8年数量为1 050 000美元的现金流。假定，零息债券价格波动率及债券价格收益的相关系数如表13-8所示。映射计算的第1步是将6个月6.0%的利率及1年7.0%的利率进行插值来求得0.8年利率，即6.6%（这里的利率为每年复利），因此，0.8年现金流的贴现值为

$$\frac{1\ 050\ 000}{1.066^{0.8}} = 997\ 662$$

对6个月0.1%的波动率及1年0.2%的波动率也进行插值来求得0.8年波动率，即0.16%。

表13-8 说明现金流映射过程的数据

1年期债券	期限	3月期债券	6月期债券
零息利率（每年复利）	5.50	6.00	7.00
债券价格的波动率（每天变化）	0.06	0.10	0.20
每天回报的相关矩阵			
	3月期债券	6月期债券	1年期债券
3月期债券	1.0	0.9	0.6
6月期债券	0.9	1.0	0.7
1年期债券	0.6	0.7	1.0

假定，我们映射到6个月期限的现金流的价值占整体现值的比率为α，因此，映射到一年期限现金流的价值占整体现值的比率为$1-\alpha$。利用式（13-2）以及对方差进行匹配，我们得出

$$0.0016^2 = 0.001^2\alpha^2 + 0.002^2(1-\alpha)^2 + 2 \times 0.7 \times 0.001 \times 0.002\alpha(1-\alpha)$$

采用常规方法对以上一元二次方程进行求解，我们得出$\alpha = 0.320\ 337$，这意味着有32.033 7%的现值被映射为6个月期的零息债券，67.966 3%的现值被映射为一年期的零息债券。因此，0.8年价值为997 662美元的零息债券被价值为

$$997\ 662 \times 0.320\ 337 = 319\ 589(\text{美元})$$

的6个月期零息债券及价值为

$$997\ 662 \times 0.679\ 663 = 678\ 074(\text{美元})$$

的一年期零息债券的组合代替。这里的现金流映射的优点是现金流的价值及方差都没有改变，再有我们可以证明，在映射中两个邻近点零息债券的权重总为正值。

对于0.3年的现金流，我们可以采用类似的映射（见练习题13.7），计算结果显示现金流的贴现值为49 189美元。映射之后，3个月零息债券的头寸的现值为37 397美元，6个月零息债券的头寸的现值为11 793美元。

表13-9是对计算结果的总结，0.8年有息债券被映射为3个月期限价值为37 397美元的零息债券、6个月期限价值为33 138美元的零息债券及一年期限价值为678 074美元的零息债券。采用表13-9有关波动率及相关系数的数据，并根据式（13-2）我们可以得出0.8年有息债券的方差，在计算中选用的参数$n=3$，$\alpha_1 = 37\ 397$，$\alpha_2 = 331\ 382$，$\alpha_3 = 678\ 074$；$\sigma_1 = 0.0006$，$\sigma_2 = 0.001$及$\sigma_3 = 0.002$；$\rho_{12} = 0.9$，$\rho_{13} = 0.6$，$\rho_{23} = 0.7$，计算出的方差为2 628 518美元，因此标准差等于

$$\sqrt{2\ 628\ 518} = 1\ 621.3$$

因为交易组合中只含有债券，我们得出10天展望期的99% VaR为

$$1\ 621.3 \times \sqrt{10} \times 2.33 = 11\ 946(\text{美元})$$

即大约11 950美元。

表 13-9　现金流映射的结果

	0.3 年收到 50 000 美元	0.8 年收到 1 050 000 美元	总　计
3 月期债券头寸	37 397		37 397
6 月期债券头寸	11 793	319 589	331 382
1 年期债券头寸		678 074	678 074

13.4.2　主成分分析法

在 7.8 节中我们指出主成分分析法（PCA）可以用于减小分析中所计算的零收益曲线变化敏感度 Delta 的数量。在利用模型构建法计算 VaR 时，我们可以将 PCA 与现金流映射进行结合来对利率变量进行处理。对于任意一个给定的交易组合，我们可以将类似表 7-9 中的敏感度（Delta）转换为对于 PCA 中第 1 个因子、第 2 个因子等的敏感度（Delta）。在 7.8 节中我们给出了转换的办法。在表 13-10展示的实例中，对于第 1 个因子的敏感度为 -0.08，对于第 2 个因子的敏感度为 -4.40（PCA 中的前两个因子包含利率变动的 90%）。假定f_1 及f_2 为因子得分，交易的组合价值变化大约为

$$\Delta P = -0.08f_1 - 4.40f_2$$

PCA 中的因子得分相互独立，表 7-8 显示 PCA 中前两个因子的标准差分别为 17.49 及 6.05，因此 ΔP 的标准差为

$$\sqrt{0.08^2 \times 17.49^2 + 4.40^2 \times 6.05^2} = 26.66$$

一天展望期的 99% VaR 等于 26.66 ×2.33 =62.12。注意交易组合对于第 1 个因子的敏感度较低，而对于第 2 个因子的敏感度较大，只采用第 1 个因子（见练习题 13.9）进行计算会对 VaR 有所低估。因为久期方法也只考虑了收益曲线的平行移动，所以久期方法也会对 VaR 有所低估。

表 13-10　利率 1 个基点变动所触发的组合的变化（以 100 万美元计）

1 年利率	2 年利率	3 年利率	4 年利率	5 年利率
+10	+4	-8	-7	+2

13.5　线性模型的应用

线性模型最简单的应用是当交易组合不包含任何有关股票、债券、外汇或商品的期权的情形，这时交易组合价格的变化同交易组合的构成资产的价格呈线性关系。注意在 VaR 计算过程中，所有的变量都应以本国货币为基准。例如，美国一些规模较大的银行所考虑的市场变量可能会包括由美元来计量的日经 225（Nikkei 225）指数或由美元来计量的 10 年期英国政府零息债券等。

线性模型能够适用的衍生产品包括基础资产（变量）为汇率远期合约或利率互换。假如，某汇率远期合约到期期限为 T，这一合约可以被理解为在合约到期时外国零息债券同本国零息债券的交换，这里两种债券的到期期限均为 T。为了计算 VaR，我们将远期合约处理为外国债券的长头寸与本国债券的短头寸的线性组合（在前面我们曾指出）外国债券的计量也要以本国货币为基准。在计算中，任意一种债券都要经过现金流映射的处理。经过处理以后，远期合约就变成了某些标准期限的零息债券的线性组合。

接下来让我们考虑利率互换。利率互换可以被理解为浮动利息债券与固定利息债券的交换。固定券息也就是一般的带息债券（见附录 D），浮动券息债券在下一个付息日后价格刚好等于面值，浮动券息债券可以被处理为期限刚好等于下一个付息日的零息债券。因此利率互换可以被转

换为债券的长头寸与短头寸的组合。在这一基础上，我们可以采用一般的现金流映射来对交易组合的现金流进行处理。

13.6 线性模型与期权产品

我们现在考虑如何将线性模型用于期权产品，首先假设某交易组合由某股票的期权所组成，基础资产的当前价格为 S，期权的 Delta 为 δ[⊖]（由第6章的计算方式来求得），因为 δ 为交易组合价格变化与 S 变化的比率，我们有以下近似式

$$\delta = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

即

$$\Delta P = \delta \Delta S \tag{13-4}$$

式中，ΔS 为股票价格一天的价格变化；ΔP 是通常意义下交易组合一天的价值变化；我们定义 Δx 为股票价格在一天内的收益率。因此

$$\Delta x = \frac{\Delta S}{S}$$

ΔP 与 Δx 有以下近似关系式

$$\Delta P = S\delta\Delta x$$

当交易组合包含几种不同基础资产的期权时，我们可以导出 ΔP 与 Δx_i 之间的近似关系式

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} S_i \delta_i \Delta x_i \tag{13-5}$$

式中，S_i 为第 i 项市场变量的价格，δ_i 为交易组合对第 i 项市场变量的 Delta。令 $\alpha_i = S_i\delta_i$，我们可以得出类似式（13-1）的近似关系式

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \Delta x_i \tag{13-6}$$

至此我们可以利用式（13-6）来计算 ΔP 的标准差。

例 13-1

假定一交易组合是由基础资产微软股票及 AT&T 股票的期权所组成，微软期权的 Delta 为 1 000，AT&T 期权的 Delta 为 20 000，微软股票的价格为 120，AT&T 股票的价格为 30，由式（13-5），我们得出以下近似式

$$\Delta P = 120 \times 1000 \times \Delta x_1 + 30 \times 20\,000 \times \Delta x_2$$

即

$$\Delta P = 120\,000 \times \Delta x_1 + 600\,000 \times \Delta x_2$$

式中，Δx_1 及 Δx_2 分别为微软及 AT&T 股票的日收益率；ΔP 为股票收益所触发的交易组合一天的价值变化（这一交易组合等价于 120 000 美元的微软投资与 600 000 美元的 AT&T 投资的组合）。假定微软价格的日波动率为 2%，AT&T 价格的日波动率为 1%，微软价格变化与 AT&T 价格变化的相关系数为 0.3，我们得出 ΔP 的标准差（以千元计）为

$$\sqrt{(120 \times 0.02)^2 + (600 \times 0.01)^2 + 2 \times 120 \times 0.02 \times 600 \times 0.01 \times 0.3} = 7.099$$

因为 $N(-1.65) = 0.05$，5 天展望期的 95% VaR 等于

$$1.65 \times \sqrt{5} \times 7099 = 26\,193(\text{美元})$$

⊖ 在第3章，我们将交易组合 Delta 及 Gamma 分别计为 Δ 及 Γ，在这一节及以后，我们将采用小写字母 δ 及 γ，这样做的原因是避免过多采用符号 Δ。

模型的缺点

当交易组合包含期权时，线性模型只是一个近似模型，这一近似模型不考虑交易组合的Gamma项。在第6章我们定义Delta为交易组合价格变化与市场价格变化的比率，Gamma为Delta的变化同市场价格变化的比率，Gamma是用于检验交易组合价格与市场变量关系的曲率。

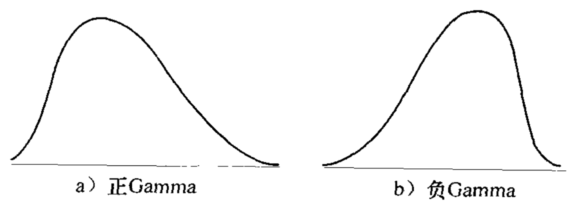


图13-1　交易组合的概率分布

图13-1展示了非零的Gamma对于交易组合价值分布的影响，当Gamma为正时，概率分布通常具有正偏性（positively skewed）；而Gamma为负时，概率分布同常具有负偏性（negatively skewed）。图13-2及图13-3解释了产生这一现象的原因，图13-2显示一长头寸期权价格同基础资产的关系，一个长头寸看涨期权是具有正Gamma产品的特例，图形13-2显示当基础资产某天的概率分布为正态分布时，相应期权价格的概率分布具有正偏性态[⊖]；图13-3显示一短头寸期权价格同基础资产的关系，短头寸期权的Gamma为负，此时我们看到在某天末，资产价格所服从的正态分布被映射为具有负偏态的期权价值分布。

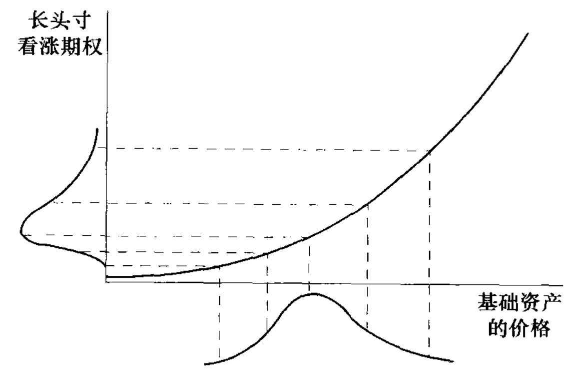


图13-2　具有正态分布的基础资产的概率分布与长头寸期权的概率分布的对应关系

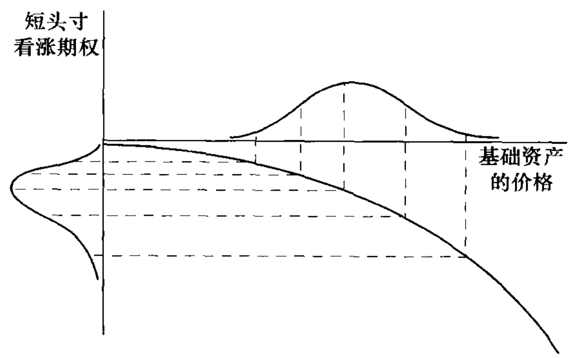


图13-3　具有正态分布的基础资产的概率分布与短头寸期权的概率分布的对应关系

一个投资组合的VaR直接取决于投资组合价格分布的左端尾部。例如，当置信水平为99%时，分布左端小于VaR的数量占整体分布的1%，图13-1a及图13-2显示，具有正Gamma的交易组合同正态分布相比，左端分布较为瘦小，在正态分布的假设下得出的VaR会偏高；类似地，图13-1b及图13-3显示，具有负Gamma的交易组合同正态分布相比，左端分布较为肥大，在正态分布的假设下得出的VaR会偏低。

13.7　二次模型

为了提供一个比线性模型更为精确的VaR的估计，我们可以在ΔP与Δx_i关系式中既考虑Delta又考虑Gamma。考虑一交易组合，交易组合价格与单一资产价格S有关，假定δ及γ为交易组合的Delta及Gamma。像第6章展示的那样，由泰勒展开我们得出

⊖　对应于较小时间区间，正态分布是对数的正态分布的一个较好的近似。

$$\Delta P = \delta\Delta S + \frac{1}{2}\gamma(\Delta S)^2$$

这一公式是对线性关系的一个改进[⊖]，令

$$\Delta x = \frac{\Delta S}{S}$$

由此得出

$$\Delta P = S\delta\Delta x + \frac{1}{2}S^2\gamma(\Delta x)^2 \tag{13-7}$$

基于以上公式我们得出

$$E(\Delta P) = 0.5S^2\gamma\sigma^2$$
$$E(\Delta P^2) = S^2\delta^2\sigma^2 + 0.75S^4\gamma^2\sigma^4$$
$$E(\Delta P^3) = 4.5S^4\delta^2\gamma\sigma^4 + 1.875S^6\gamma^3\sigma^6$$

式中，σ 为变量的每天波动率。

如果一交易组合与 n 个市场变量有关，交易组合中的任一资产只与单一市场变量有关，式（13-7）变为

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} S_i\delta_i\Delta x_i + \sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2}S_i^2\gamma_i(\Delta x_i)^2$$

式中，S_i 为第 i 个市场变量的价格；δ_i 及 γ_i 为交易组合第 i 个市场变量的 Delta 及 Gamma。当交易组合中某项资产的价格与多项市场变量有关时，以上方程有一种更为广义的表达形式

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} S_i\delta_i\Delta x_i + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{2}S_iS_j\gamma_{ij}\Delta x_i\Delta x_j \tag{13-8}$$

式中，γ_{ij}为交叉 Gamma(cross Gamma)，γ_{ij}的定义为

$$\gamma_{ij} = \frac{\partial^2 P}{\partial S_i \partial S_j}$$

式（13-8）的应用不像式（13-6）那么容易，但当 ΔX_i 是多元正态分布，且 n 不是很大时，利用该式我们可以估计 ΔP 的矩（moment）。

Cornish-Fisher 展开

统计学中 Cornish-Fisher 展开由分布的矩入手，对概率分布的分位数进行估计。我们下面将说明，分布的前 3 阶矩可以用来估计交易组合的 VaR，分布的第 3 阶矩是有关分布的偏态（skewness）。定义，μ_p 及 σ_P^2 分别为 ΔP 的期望值及标准差，即

$$\mu_P = E(\Delta P), \quad \sigma_P^2 = E[(\Delta P)^2] - [E(\Delta P)]^2$$

概率分布偏态 ξ_P 的定义为

$$\xi_P = \frac{1}{\sigma_P^3}E[(\Delta P - \mu_P)^3] = \frac{E[(\Delta P)^3] - 3E[(\Delta P)^2]\mu_P + 2\mu_P^3}{\sigma_P^3}$$

利用 ΔP 的前 3 阶矩及 Cornish-Fisher 展开，我们得出 ΔP 的第 q 个分位数为

$$\mu_P + w_q\sigma_P$$

其中

⊖ 一个包含更多项的泰勒展开为

$$\Delta P = \Theta\Delta t + \delta\Delta S + \frac{1}{2}\gamma\ (\Delta S)^2$$

以上公式忽略了高于 Δt 的高阶项，在实践中，$\Theta\Delta t$ 项也很小，这一项也可以忽略。

$$w_q = z_q + \frac{1}{6}(z_q^2 - 1)\xi_P$$

式中，z_q 为标准正态分布第 q 个分位数。

例 13-2

假定对于某一交易组合我们计算出 $\mu_P = -0.2$，$\sigma_P = 2.2$ 及 $\xi_P = -0.4$，我们试图计算分布 0.01 分位数（$q = 0.01$），对于这一情形，$z_q = -2.33$，假定 ΔP 的概率分布为正态，由此得出 0.01 分位数为

$$-0.2 - 2.33 \times 2.2 = -5.326$$

换句话讲，我们有 99% 的把握肯定

$$\Delta P > -5.326$$

对应于 $q = 0.01$，采用 Cornish-Fisher 展开并将分布的偏态考虑在内，我们得出

$$w_q = -2.33 - \frac{1}{6}(2.33^2 - 1) \times 0.4 = -2.625$$

分布的 0.01 分位数为

$$-0.2 - 2.625 \times 2.2 = -5.976$$

将偏态考虑在内时，交易组合的 VaR 由 5.326 变为了 5.976。

13.8 蒙特卡罗模拟

作为对以上讨论方法的补充，我们可以在实施模型构建法时采用蒙特卡罗模拟法（Monte Carlo Simulation）来产生 ΔP 的概率分布。交易组合一天展望期的 VaR 的计算过程如下：

1. 利用当前的市场变量对交易组合进行定价。
2. 从 Δx_i 服从的多元正态分布中进行一次抽样[㊀]。
3. 由 Δx_i 的抽样计算出在交易日末的市场变量。
4. 利用新产生的市场变量来对交易组合重新定价。
5. 将第 4 步产生的数值减去第 1 步的数值，由此产生 ΔP 的一个抽样。
6. 重复第 2 ~ 5 步的计算，我们可以计算出 ΔP 的概率分布。

ΔP 的概率分布中的某个分位数就是我们要求的 VaR。例如，假如由以上方法计算出 ΔP 的 5 000 个不同抽样，一天展望期的 99% VaR 对应于抽样数值从大到小排序中的第 50 名；一天展望期的 95% VaR 为排序中的第 250 名，等等[㊁]。N 天展望期的 VaR 等于一天展望期的 VaR 乘以 $\sqrt{N}$[㊂]。

蒙特卡罗模拟法的缺点是其计算速度缓慢，其速度之所以缓慢的原因是因为公司的交易组合（由成百上千的资产所组成）要被定价很多次[㊃]。一种加速计算的方法是用式（13-8）来描述 ΔP 与 Δx_i 的关系，在蒙特卡罗模拟法中我们可以由第 2 步直接跳到第 5 步，这么做可以避免交易组合的定价过程，这一技巧被称为局部模拟方法（partial simulation approach）。

13.9 对非正态分布的假设

本章到目前为止，我们假定标的市场变量服从多元正态分布，这是模型构建法的致命弱点。

㊀ 一种做法在 10.3 节中给出。

㊁ 就像在历史模拟法中那样，极值理论可以用来对尾部分布进行光滑处理，在处理之后我们可以得出极端分位的一个估计。

㊂ 当交易组合包含期权时，N 天展望期的 VaR 等于一天展望期的 VaR 乘以 $\sqrt{N}$ 这一假设只是一个近似，但这种近似被大多数实际操作采用。

㊃ F. Jamshidian 及 Y. Zhu 提出了利用有限定价次数来进行蒙特卡罗模拟过程，请参考 "Scenario Simulation Model: Theory and Methodology," *Finance and Stochastics*, 1(1997), 43-67。

在实际中，市场变量比正态分布有更为肥大的尾部，由正态分布得出的 VaR 会偏低。

采用蒙特卡罗模拟法时，我们可以将模型构建法进行扩展，以使得在市场变量不服从正态分布时模拟过程仍能得以进行。扩展的一种可能是假定市场变量服从多元学生 t-分布，在图 10-4 及图 10-5 中我们曾展示，这种假设会造成多变量同时产生极值情形的概率增大。

我们可以假定 Δx_i 服从任意分布[㊀]，并同时应用 Copula 模型时。例如，我们可以采用单因子高斯 Copula 模型。像第 10 章解释的那样，这意味着市场变量的变化 Δx_i 被以分位数对分位数（percentile-to-percentile）的形式映射成服从正态分布的变量 u_i，u_i 服从多元正态分布，在以上所描述的 5 步模拟过程中插入额外一步，我们可以进行一个新的模拟过程：

（1）从多元概率分布中提取一次抽样 u_i。

（2）以分位数到分位数的形式将 u_i 映射到 Δx_i。

假如，一家金融机构已经采用蒙特卡罗模拟法来计算 VaR，在计算方程中市场变量的变化被假设为服从正态分布，在这一基础之上，该金融机构可以较为容易地修改计算程序以实施以上描述的模拟，在交易组合被重新定价以前，在程序中插入一两句计算语句来实施第 2a 步，Δx_i 的边际分布选取可以是一个比正态分布更为广义的分布，这一广义分布可以通过与实际数据进行匹配求得。

13.10 模型构建法与历史模拟法的比较

在本章以及第 12 章，我们讨论了两种计算 VaR 的方法——历史模拟法及模型构建法。模型构建法的优点是计算速度快，并且这一方法可以与第 9 章、第 10 章讨论的波动率及相关性的更新法较为容易地结合到一起，在 12.3 节我们曾指出波动率的更新法也可以用于历史模拟法之中，但这种并用非常牵强，模型构建法的主要缺点在于市场变量为多元正态分布的假设。在实践中，市场变量每天变化的分布往往与正态分布不同（见表 9-2），模型构建法的用户寄希望于对于交易组合存在某种形式的统计中心极限定理，交易组合价值的每天盈亏服从正态分布，而且模型构建法的用户希望交易组合这种正态分布的性态在市场组合每个组成单元不服从正态分布时仍然成立。

历史模拟法的优点是由历史数据就可以决定市场变量的联合分布，历史模拟法对于利率的处理也较为容易，这是因为在每一个抽样中今天及明天的零息收益曲线很容易计算产生。13.4 节中所描述的较为烦琐的现金流映射被得以避免，历史模拟法的主要缺点是其计算速度要比模型构建法慢。采用历史模拟法我们往往需要类似式（13-8）给出的近似关系式，这是因为有时对于 500 个不同情形，重新将交易组合进行定价很不现实[㊁]。

模型构建法往往被用于投资组合（这一方法毕竟同流行的投资组合马科维茨期望值-方差法理论较为接近），而对于金融机构持有的交易组合，这一方法并没有得到广泛的应用。如同第 6 章解释的那样，存在这一现象的原因是因为金融机构往往将自身的交易组合对市场变量的敏感度保持在接近于 0 的水平，当交易组合为非线性并且交易组合的 Delta 较低时，无论是线性模型还是二次模型对于 VaR 的估计都不太理想（见作业题 13.22）。

13.11 小结

历史模拟法利用历史数据来决定市场变量每天变化的联合分布。模型构建法假定分布为某种

㊀ 见 J. Hull and A. White, "Value at Risk When Daily Changes Are Not Normally Distributed," *Journal of Derivatives*, 5, No. 3 (Spring 1998), 9 – 19。

㊁ 当金融机构采用蒙特卡罗模拟法来对产品进行定价时，这种可能更大，在历史模拟法中采用蒙特卡罗模拟法需要非常长的计算时间。

特殊形式，最为流行的选择是假定市场变量的百分比变化服从多元正态分布，当交易组合价值变化与市场变量百分比变化呈某种线性关系时，VaR 的准确值可以很快被计算得出。对应其他情形，我们需要采取其他近似，一种选择是采用二次模型，在二次模型中交易组合的价值变化是市场变量变化值的两次函数，另外一种（较慢的）方法是采用蒙特卡罗模拟法。

模型构建法常常被用于投资交易组合，因为这一方法在 Delta 较低时表现欠佳，所以这一方法很少被用于金融机构的交易组合。

推荐阅读

Frye, J., "Principals of Risk: Finding VAR through Factor-Based Interest Rate Scenarios," in *VAR: Understanding and Applying Value at Risk*, pp. 275 – 288. London: Risk Publications, 1997.

Hull, J. C., and A. White, "Value at Risk When Daily Changes in Market Variables Are Not Normally Distributed," *Journal of Derivatives*, 5 (Spring 1998): 9 – 19.

Jamshidian, F., and Y. Zhu, "Scenario Simulation Model: Theory and Methodology," *Finance and Stochastics*, 1(1997): 43 – 67.

Rich, D., "Second Generation VaR and Risk-Adjusted Return on Capital," *Journal of Derivatives*, 10, 4(Summer 2003): 51 – 61.

练习题

13.1 假定某交易组合的构成为价值 100 000 美元的资产 A 以及价值 100 000 美元的资产 B，假定两项资产的每天波动率均为 1%，两项投资回报的相关系数为 0.3，交易组合 5 天展望期的 99% VaR 为多少？

13.2 当利用模型构建法来计算 VaR 时，请描述 3 种处理利率产品的不同方法。

13.3 请解释在计算 VaR 时，如何将利率互换的现金流映射成一个具有标准期限零息债券的线性组合。

13.4 一家金融机构拥有一个标的变量为 USD/GBP 的期权交易组合，交易组合的 Delta 为 56.0，当前的汇率为 1.5，请展示交易组合价值变化与汇率变化之间的近似线性关系式，如果汇率每天变化的波动率为 0.7%，请问 10 天展望期的 99% VaR 为多少？

13.5 假定在练习题 13.4 中交易组合的 Gamma 为 16.2，Gamma 的变化将如何影响交易组合价值变化与汇率变化的关系式？

13.6 假定 5 年期的利率为 6%，7 年期的利率为 7%（利率均为每年复利一次），5 年零息债券的每天波动率为 0.5%，7 年零息债券的每天波动率为 0.58%，以上两债券回报的相关系数为 0.6，请将在 6.5 年收到 1 000 美元现金流映射为 5 年及 7 年零息债券，在 5 年及 7 年什么样的现金流与 6.5 年现金流等价？

13.7 请验证表 13-9 中 0.3 年的零息债券在通过现金流映射后与 3 个月期头寸为 37 397 美元及 6 个月期头寸为 11 793 美元的零息债券等价。

13.8 假定某交易组合每天的价值变化同由 PCA 所计算出的两个因子呈很好的线性关系，交易组合对于第 1 个因子的 Delta 为 6，交易组合对于第 2 个因子的 Delta 为 –4，两个因子的标准差分别为 20 及 8，交易组合 5 天展望期的 90% VaR 为多少？

13.9 表 13-10 所对应的实例中假定了两个因子，当你假定有（a）一个因子，（b）三个因子时，计算结果会分别有什么样的变化？

13.10 一家银行拥有关于资产的期权交易组合，期权组合的 Delta 为 –30，Gamma 为 –5，对这些数字应如何进行解释？资产的价格为 20，每天价格变化的波动率为 1%，采用二次模型来计算交易组合价值变化的前 3 阶矩，分别采用（a）前 2 阶矩及（b）

前3阶矩来计算一天展望期的99% VaR。

13.11 假设练习题13.10中交易组合的Vega为-2，这一Vega对应于年波动率1%的变化，请导出交易组合每天的价值变化与Delta、Gamma及Vega的关系式，并大致解释如何应用这一模型来计算VaR。

13.12 请解释为什么线性模型对包含期权的交易组合的VaR仅仅是提供了一个近似估计？

13.13 假定在过去的某一时间，某家公司进入了一项远期合约，合约约定这家公司在将来某时刻以100万英镑买入150万美元，这一远期合约在6个月后到期，6个月零息英国债券的日波动率为0.06%（价格在转换成美元后），6个月期限零息债券的波动率为0.05%，两个债券回报的相关系数为0.8，当前的汇率为1.53，请计算远期合约一天（以美元为记）变化的标准差，并计算10天展望期的99% VaR。在计算中假定英镑及美元6月期的利率为5%，这里的利率为每年连续复利利率。

13.14 在13.3节的计算中，投资于DJIA、FTSE 100、CAC 40、及Nikkie 225的资金数量分别为400万美元、300万美元、100万美元及200万美元。如果我们投资于每个指数的资金数量均为250万美元，计算出的VaR将如何改变？对以下情形进行计算：(a) 波动率及相关性是由等权重模型得出的；(b) 利用参数$\lambda=0.94$的EWMA模型得出的，利用作者网页上的计算表进行计算。

13.15 将13.3节中EWMA计算中的参数λ由0.94换为0.97的效应是什么？利用作者网页上的计算表进行计算。

作业题

13.16 某交易组合的构成为价值300 000美元的黄金投资及价值500 000美元的白银投资，假定以上两资产变化的日波动率分别为1.8%及1.2%，并且两资产回报的相关系数为0.6，问交易组合10天展望期的97.5% VaR为多少？投资分散效应所减少的VaR数量为多少？

13.17 考虑对于某基础资产的期权交易组合，假定交易组合的Delta为12，基础资产价格为10美元，基础资产每天价格变化的波动率为2%，请由Delta来估计交易组合一天展望期的95% VaR。

13.18 假定已知作业题13.17中交易组合的Gamma为-2.6，请导出交易组合价值变化同基础资产价格每天变化的二次关系式并(a) 计算交易组合的前3阶矩；(b) 假定交易组合每天的价值变化为正态分布，利用前2阶矩计算交易组合一天展望期的95% VaR；(c) 利用第3阶矩及Cornish-Fisher展开来对(b)的答案进行修正。

13.19 一家公司持有2年期及3年期债券的长头寸及5年期债券的短头寸，每一项债券投资的面值为100美元，债券每年支付5%券息，请计算公司投资对于1年、2年、3年、4年及5年利率的风险暴露头寸，采用表7-7及表7-8的数据及以下有关利率的不同假设来计算20天展望期的95% VaR，利率变动分别由(a) 一个因子，(b) 两个因子，(c) 三个因子来解释。在计算中假定零息利率收益为水平(flat) 5%。

13.20 一家公司持有债券交易组合的价值为600万美元，交易组合的修正久期为5.2年，假定利率曲线的变化只有平行移动形式，并且我们假定利率曲线变动的标准差为0.09（利率以百分比计），利用久期模型来估测20天展望期的90% VaR，请详细解释这里VaR计算方式的优缺点，请给出两种更为准确的计算方法。

13.21 一家银行买入了基础资产为某股票的看涨期权，同时银行又卖出了基础资产为另一家股票的看跌期权，看涨期权的基础资产股票价格为50，期权行使价格为51，基础资产变化浮动率为每年28%，期权的到期日为9个月；看跌期权的基

础资产股票价格为 20，行使价格为 19，基础资产变化浮动率为每年 25%，期权的到期日为 1 年，两种股票均不支付股息，无风险利率是每年 6%，两种股票回报的相关系数为 0.4，请采用以下方式计算银行交易组合 10 天展望期的 99% VaR：(a) 只采用 Delta；(b) 采用局部模拟法；(c) 采用整体模拟法。

13.22 风险管理人员对于模型构建法（线性及二次模型）的一个常见抱怨是当 Delta 接近 0 时，模型会失效。利用 DerivaGem 软件的样板 E（Sample Application E）来进行验证（你可以利用调解不同的期权头寸，并通过基础资产数量来使得组合的 Delta 为 0），解释你的计算结果。

13.23 在 13.3 节的计算中，投资于 DJIA、FTSE 100、CAC 40、及 Nikkie 225 的资金数量分别为 400 万美元、300 万美元、100 万美元及 200 万美元。如果我们将投资于指数的资金数量变为 300 万美元、300 万美元、100 万美元及 300 万美元，计算出的 VaR 将如何改变？对以下情形进行计算：(a) 波动率及相关性是由等权重模型得出的；(b) 利用 EWMA 模型得出的，将计算中的参数 λ 由 0.94 换为 0.90 的效应是什么，利用作者网页上的计算表进行计算。

CHAPTER 14

第 14 章

信用风险：估测违约概率

信用风险来源于贷款的借贷方、债券发行人及衍生产品的交易对手的违约可能性。如第 11 章所述，监管部门多年来一直要求银行设定资本金来应对信用风险。《新巴塞尔协议》阐明，银行在得到监管部门批准后可以采用自身的模型来估测违约概率，并计算应持有的资本金数量。《新巴塞尔协议》的要求促使银行投入更多的人力物力来开发更好的估计违约率的方法。

本章我们将讨论估测违约概率的不同方法，并解释风险中的违约概率与真实世界违约概率的差别。本章讨论的内容将在第 15 章得到进一步的应用，届时我们将检验场外衍生产品中的信用风险的特性并介绍信用风险价值度的计算方法。

14.1 信用评级

穆迪、标准普尔及惠誉等评级公司专门从事信用评级业务，这些公司对企业债券提供信用评级。在穆迪的系统中，信用的最佳级别为 Aaa，具有这种信用级别的债券几乎没有违约的可能，接下来的一个次好级别为 Aa，再往下由好到坏信用级别的排序为 A，Baa，Ba，B 及 Caa，Ca，C。高于 Baa 的债券被称为投资级别（investment grade）债券。标准普尔与穆迪 Aaa，Aa，A，Baa，Ba，B 及 Caa，Ca，C 相对应的信用级别分别是 AAA，AA，A，BBB，BB，B 及 CCC，Cc，C。为了产生更细的信用等级，穆迪将 Aa 等级分为 Aa1，Aa2 及 Aa3，并将 A 等级分为 A1，A2 及 A3 等；类似地，标准普尔将 AA 级分为 AA +，AA 及 AA -，并将 A 等级分为 A +，A 及 A -，等等。穆迪对 Aaa 及标准普尔对 AAA 级没有再细分，也没有对最低的两级分类，惠誉的评级与标准普尔类似。

信用级别反映了有关违约概率的信息，所以人们往往可能认为公司的信用级别会经常随好消息或坏消息到达市场时而被调整[1]。事实上，公司信用级别的变化并不是很频繁。评级公司

[1] 理论上讲信用级别应该对应于某给定的债券而不是某家公司，但是在大多数情况下，某公司发行的所有债券往往具备同样的信用级别，因此信用级别也就成了公司的某种特征。

评定信用级别时，其中一个目标是保证级别的稳定性。例如，评级公司不想看到某家公司在被降级的几周后又得到升级，只是在有理由相信某公司的长期信用有所改变时，信用评级公司才会调整这家公司的信用级别。这主要因为债券交易员往往是信用级别的主要用户，交易员的交易头寸必须服从某些信用级别的规定（例如，只能投资于投资级别的债券），如果信用级别变化太频繁的话，交易员必须进行频繁交易（并付出较多的交易费用）以满足有关信用级别的要求。

另外信用评级公司往往要“考虑经济周期变化来评级”（rate through the cycle）[㊀]，假定宏观经济形势变差，但宏观经济形势的转变只使得某家公司在今后6个月的违约概率有所增大，而不影响这家公司在今后3~5年的累积违约概率，这时评级公司往往不会改变这家公司的信用评级。

14.1.1　内部评级

许多银行对于企业及个人客户的信用都设定了评级系统，银行这么做非常有必要，因为评级公司一般只对较大的企业公布评级结果，而许多中小企业不发行公共债券，因此评级公司不对这些企业进行评级。像在第11章解释的那样，《新巴塞尔协议》中的内部评级法（IRB）允许银行采用自身的模型来计算违约率PD，在高级IRB法中，银行可以采用自身的模型来估测违约损失率（LGD）、违约头寸（EAD）及贷款期限（M）。

采用内部评级法来估计PD时往往会涉及检测某些财务指标，例如资产回报率（return on asset），以及资产负债表中的其他指标，例如当前比率（current ratio）以及负债与股权（debt-to-equity）的比率等。银行认识到公司持有的现金而不是盈利，才真正反映了其偿还能力，因此银行常常将公司提供的财政信息转换成现金流报告，通过现金流报告银行可以检测要偿还的贷款给贷款人带来的负担。

14.1.2　Altman's Z-得分模型

Edward Altman最先提出以公司的财务指标比率来预测违约率，1968年他开发出著名的Z-得分（Z-Score）模型[㊁]，Altman采用了统计学中的判别分析（discriminant analysis）方法，并从企业的5个财务比率入手来预测违约率：

X_1：流动资金/总资产（working capital/total assets）

X_2：留存收益/总资产（retained earnings/total assets）

X_3：息税前利润/总资产（earnings before interest and taxes/total assets）

X_4：股票市值/负债账面总额（market value of equity/book value of total liabilities）

X_5：销售收入/总资产（sales/total assets）

Z-得分模型由式（14-1）给出

$$Z = 1.2X_1 + 1.4X_2 + 3.3X_3 + 0.6X_4 + 0.999X_5 \tag{14-1}$$

如果一家公司的Z-得分大于3.0，这家公司违约的可能性不大；当一家公司的Z-得分介于2.7~3.0时，这家公司的信用处于戒备（on alert）状态；如果一家公司的Z-得分介于1.8~2.7，这家公司有一定的违约可能；当Z-得分小于1.8时，这家公司违约的可能性很大。采用Z-得分模型对66家制造业上市公司进行了计算。在这66家公司中有33家公司在一年内违约破产，而另外33家

㊀ 也有人将这一术语翻译为“穿越循环过程评级”。——译者注

㊁ 见E. I. Altman，“Financial Ratios, Discriminant Analysis, and the Prediction of Corporate Bankruptcy,” *Journal of Finance*, 23, No. 4 (September 1968), 589-609。

得以生存，对于这66家公司的计算结果显示出Z-得分模型对于那些产生系数估计抽样之外的公司的违约率的预测非常准确。Altman的Z-得分模型的第Ⅰ类错误（Type Ⅰ error，模型预测公司不会产生违约，但事实上公司却违约了）及第Ⅱ类错误（Type Ⅱ error，模型预测公司会违约但事实上公司却没有违约）均很小[⊖]。后来一些研究人员在Z-得分模型的基础上，又开发出了关于制造业的非上市公司以及非制造业公司的Z-得分模型。

例 14-1

考虑一家公司，其流动资金为170 000美元，总资产为670 000美元，息税前利润为60 000美元，销售额为2 200 000美元，股票市价为380 000美元，总负债为240 000美元，留存收益为300 000美元，与以上数据对应的各项比率为$X_1=0.254$，$X_2=0.448$，$X_3=0.0896$，$X_4=1.583$及$X_5=3.284$，Z-得分模型为

$$1.2\times0.254+1.4\times0.448+3.3\times0.0896+0.6\times1.583+0.999\times3.284=5.46$$

这一得分显示这家公司在近期不会有违约的危险。

14.2 历史违约概率

表14-1是由评级公司公布的一组典型数据，这些数据显示了公司的信用随时间推移而出现的不同变化。例如，某债券的初始信用级别为Baa，这家公司有0.17%的概率在一年内违约，并且有0.478%的概率在两年内违约等。债券在一个指定年份违约的概率可由表14-1计算得出。例如，初始信用级别为Baa的公司在期限中第2年违约的概率为0.478% -0.17% =0.308%。

表 14-1 1970～2003年的平均累积违约率（%）

信用等级	期限（年）								
	1	2	3	4	5	7	10	15	20
Aaa	0.000	0.000	0.000	0.026	0.100	0.252	0.525	1.004	1.204
Aa	0.008	0.018	0.042	0.106	0.178	0.344	0.521	1.094	1.884
A	0.020	0.094	0.218	0.342	0.467	0.762	1.308	2.396	4.082
Baa	0.170	0.478	0.883	1.360	1.835	2.794	4.353	7.601	10.510
Ba	1.125	3.019	5.298	7.648	9.805	13.465	18.426	27.533	34.852
B	4.660	10.195	15.566	20.325	24.692	32.527	40.922	50.212	52.375
Caa	17.723	27.909	36.116	42.603	47.836	54.539	64.928	70.298	72.783

资料来源：穆迪。

表14-1显示具备投资级别的债券在一年内违约的概率随着期限的延长而有所增大（例如，A级债券在第1，2，3，4及5年的违约概率分别为0.008%，0.010%，0.024%，0.064%及0.072%），这是因为在发行之初，债券的信用级别较好，但随着时间的推移，公司信用出现问题的可能性也会随之增大。而对于最初的信用级别较差的债券，每年的违约率常常是时间期限的一个递减函数（例如，Caa级别的债券在第1，2，3，4及5年的概率分别为17.723%，10.186%，8.207%，6.487%及5.233%），产生这一现象的原因是，如果一个债券的信用较差，债券在今后一两年能否生存会面临巨大挑战，但公司如果能够顺利渡过难关，公司今后的财务前景会变得乐观。

⊖ 很显然第Ⅰ类错误所触发的贷款损失要远大于第Ⅱ类错误所触发的损失。

违约密度

由表14-1我们可以计算出Caa级别的债券在第3年的违约率，即36.116% - 27.909% = 8.207%，这一违约概率被称为无条件违约概率（unconditional default probability），此概率是今天，即在0时间，所看到的违约概率。Caa债券一直到第2年年底都不会破产的概率为100% - 27.909% = 72.091%，因此我们得出在前两年没有违约的条件下，公司在第3年违约的概率为0.0820 7/0.720 91 = 11.38%。

这里计算出的违约概率11.38%对应于一年的观察期。通过考虑在时间t之前没有违约的条件下，违约发生在t与$t+\Delta t$之间的概率，我们可以求得对应于时间t的违约密度（hazard rate），这一违约密度也被称为风险率（hazard rate）。时间t的违约密度$\lambda(t)$的含义是指在$0 \sim t$时刻违约没有发生的条件下，违约发生在t与$t+\Delta t$之间的概率为$\lambda(t)\Delta t$。如果$V(t)$是从今天到时间t公司仍然生存的累积概率（就是说直到时间t违约仍没有发生），那么t与$t+\Delta t$之间的无条件违约概率为$V(t)-V(t+\Delta t)$，在时间t之前没有违约的前提下，违约发生在t与$t+\Delta t$之间的条件概率为$[V(t)-V(t+\Delta t)]/V(t)$，因此，

$$\frac{V(t+\Delta t)-V(t)}{\Delta(t)} = -\lambda(t)Vt$$

对以上公式求极限得出

$$\frac{\mathrm{d}V(t)}{\mathrm{d}t} = -\lambda(t)V(t)$$

因此

$$V(t) = \mathrm{e}^{-\int_0^t \lambda(\tau)\mathrm{d}\tau}$$

定义$Q(t)$为时间t之前的违约概率，我们得出

$$Q(t) = 1 - \mathrm{e}^{-\int_0^t \lambda(\tau)\mathrm{d}\tau}$$

或者

$$Q(t) = 1 - \mathrm{e}^{-\bar{\lambda}(t)t} \tag{14-2}$$

式中，$\bar{\lambda}$为介于0与时间t的违约密度的平均值。

例14-2

我们假定密度为常数，每年为1.5%，截至第1年年末违约概率为$1-\mathrm{e}^{-0.015\times1}=0.014\,9$；截至第2年年末违约概率为$1-\mathrm{e}^{-0.015\times2}=0.029\,6$；截至第3年、第4年、第5年年末违约概率分别为0.044 0、0.058 2、0.072 3。第4年的无条件违约概率为0.058 2 - 0.044 0 = 0.014 2，在前3年没有违约的前提下，在第4年违约的条件概率为0.014 2/(1 - 0.044) = 0.014 9。

14.3 回收率

当一家公司破产时，公司的债权人会对公司的资产进行追索[⊖]。有时公司进行重组，这时债权人同意接受债务的部分偿还，而在其他情形下，公司的部分资产被债权清算人变卖，所得资金

⊖ 在美国债券持有人的索赔包括债券的本金以及应记利息。

最大限度地用于偿还债务。在债务追索过程中，有些债权具有优先权，必须优先偿还。

债券回收率（recovery rate）是指债券在刚刚违约时，其市场价值与债券面值的比率。正如我们在第11章看到的，《新巴塞尔协议》是以损失率来表达的。债券回收率等于1减去损失率（loss given default，LGD）。

表14-2给出了美国几种不同种类债券的历史平均回收率，该表显示出，优先支付、有担保债券的平均回收率为51.89%，即1美元投资可回收51.89美分，优先次级债券的平均回收率为23.95%，即每1美元投资仅回收23.95美分。

表14-2 1982~2007年企业债券的回收率（以面值的百分比计量）

债券分类	平均回收率（%）	债券分类	平均回收率（%）
优先有担保（Senior secured）	51.89	次级债券（Subordinated）	31.19
优先无担保（Senior unsecured）	36.69	更次级债券（Junior subordinated）	23.95
优先次级债券（Senior subordinated）	32.42		

资料来源：穆迪。

回收率同违约概率有很强的负相关性，穆迪通过检测1983~2007年的无抵押债券的平均回收率及平均违约率，并将这些数据与投机类（即非投资类债券）的违约率进行了比较，发现以下经验公式比较符合实际数据[⊖]

$$平均回收率 = 0.52 - 6.9 \times 平均违约概率$$

这一公式意味着在一些年景，如果违约率很高，往往低回收率会使得情形（违约率）变得更差，例如，当某年的违约率仅仅只有1%时，我们估测的回收率会高达56%，而当某年的违约率高达10%时，我们估测的回收率会低至29%。

14.4 信用违约互换

一种对违约概率进行估计最有效的产品为信用违约互换（CDS），如业界事例14-1所示，这种产品在20世纪90年代以来，市场已经有了巨大增长。CDS合约给信用违约互换的买入方提供了对某家公司的信用保险，这里所涉及的某家公司被称为参考实体（reference entity），而这家公司的违约事件被定义为信用事件（credit event）。信用违约互换（保险）的买入方在信用事件发生时有权力将违约公司的债券以债券面值的价格卖给信用违约互换的卖出方，而这一债券的面值也就被称为信用违约互换的面值（notional principal）。

信用违约互换的买入方必须向卖出方定期付款。付款的期限为信用违约互换的到期日或信用事件发生的日期，这里定期付款时间通常在每一季度末、每半年末或者每年年末。在违约事件发生时，合约的交割方式为债券实物或现金支付。

以下实例可以帮助我们理解信用违约互换的结构。假设某两家公司在2009年3月1日进入了一个5年期的信用违约互换，信用违约互换的面值为1亿美元，信用违约互换的买入方付费为每年90个基点，买入方因此得到了对某参考实体的信用保护。

⊖ 见D. T. Hamilton, P. Varma, S. Ou and R. Cantor, "Default and Recovery Rates of Corporate Bond Issuers, 1920—2004," Moody's Investor's Services, January 2005。回归分析的R^2等于0.65，有关相关系数的识别及讨论，请参考以下文章E. I. Altman, B. Brady, A. Resti and A. Sironi, "The Link between Default and Recovery Rates: Implications for Credit Risk Models and Procyclicality," Working Paper, New York University, 2003。

业界事例 14-1

CDS 市场

1998 年和 1999 年，国际互换与衍生产品协会（International Swaps and Derivations Association）研发了关于场外市场信用违约互换的标准条款，自从标准条款建立以后，信用违约互换市场增长迅猛，银行和保险公司在信用违约互换中既买入信用保护，也卖出信用保护，但就整体来看，银行是信用保护的买入方，保险公司是信用保护的卖出方。信用违约互换（以及其他信用衍生产品）之所以比较流行，原因在于，这些产品可以使得承担贷款风险的银行不是最初发放贷款并进行信用查证的银行，这么做是否对金融系统的健康有好处还有待考证。

在 2007 年 8 月开始的信用危机中，监管人员对系统风险非常担心，他们认为信用违约互换会给金融市场带来伤害，这些产品的危险之处在于一家金融机构的违约可以通过信用违约互换而给该金融机构的交易对手带来巨大损失，从而造成另外一家金融机构的违约。保险公司 AIG 的麻烦对监管当局的忧虑可以说是火上浇油，AIG 卖出了大量由按揭所产生的 AAA 级份额的信用保护（见第 16 章），因卖出信用保护，AIG 付出了巨大代价，最后美国政府必须出面来救助 AIG 和其他一些金融机构。

监管机构的担忧促成了 CDS 交易中心清算部门的产生，中心清算部门要求进行 CDS 交易的金融结构支付保证金，这与期货交易中支付保证金的要求类似（见第 5 章）。

2007 ~ 2008 年，许多信用衍生产品在市场上销声匿迹，但 CDS 交易市场仍十分活跃（同时伴有溢差戏剧性的增长），同其他衍生产品相比，CDS 的运作十分简单，而其他衍生产品（例如，由按揭产生的证券化产品）就没有这么好的透明度。

当雷曼兄弟在 2008 年 9 月违约时，市场上存有大量以雷曼兄弟为参考实体的 CDS 合约，雷曼兄弟违约所对应的回收率是每 1 美元 8 美分，违约赔偿支付为面值的 92%，市场上曾有人预言，某些信用卖出方可能不能承担支付义务，因而导致市场上其他公司破产，但在清算日（2008 年 10 月 21 日）过后，市场并没有出现太大的波动。

图 14-1 展示了这个信用违约互换。如果参考实体没有违约（也就是没有信用事件发生），信用违约互换的买入方将不会得到任何收益，而信用违约互换的买入方在 2010 年、2011 年、2012 年、2013 年和 2014 年的 3 月 1 日必须向信用违约互换卖出方支付 900 000 美元。当有信用事件发生时，卖出方须向买入方支付一笔可观的赔偿。假设在 2014 年 6 月 1 日（即第 4 年的第 3 个月）信用违约互换的买入方通知卖出方信用事件已经发生，如果合约约定的交割方式为实物交割，信用违约互换买入方可以要求卖出方以 1 亿的价格买入面值为 1 亿美元的由参考实体所发行的债券。如果合约约定的交割方式为现金交割，这时一个独立于买入方和卖出方的第三家公司会在违约发生后某一指定时间在市场上取得不同于交易商对违约债券的报价。这样做的原因是为了找出**最便宜可交割债券**（cheapest deliverable bond）的市场中间价。假定这一违约债券每 100 美元面值的市场价值为 35 美元，这时信用违约互换卖出方必须向买入方支付 6 500 万美元。

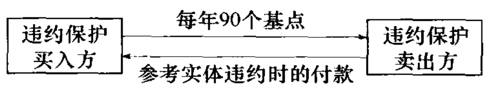


图 14-1　信用违约互换

信用事件发生后，信用保护的买入方向卖出方所支付的每 3 个月、半年或一年的定期付款将会马上终止。但是，因为付款的准确时间为每个时间区间段末，因此最后买入方必须向卖出方支付最后的应计付款（accrual payment）。在我们的例子中，当违约事件发生在 2012 年 6 月 1 日时，买入方必须向卖出方支付由 2010 年 3 月 1 日到 2010 年 6 月 1 日的应计付款（大约为 225 000 美元）。在这一付款之后，买入方不需要再支付任何其他费用。

为了买入信用保护，买入方所付出占本金的百分比被称为信用违约互换溢价（CDS spread）。市场上有若干家大银行是信用违约互换的做市商。对于某公司（参考实体）5年的信用违约互换溢差的报价，有的做市商给出的买入价为250个基点，卖出价为260个基点，这意味着做市商准备以每年的250个基点（每年付本金的2.5%）买入该公司的信用保护，同时也准备以每年收入260个基点（每年收入本金的2.6%）来卖出该公司的信用保护。

许多公司和国家已经成为CDS合约的参考实体。在最常见的合约中，CDS为每3个月付款一次，5年期的CDS在市场上最为流行，但像1年、2年、3年、7年和10年期的其他期限的CDS也很常见，一般合约的到期日为IMM日期：3月20日、6月20日、9月20日和12月20日[⊖]。这种安排的效果是合约实际到期日并不一定对应于合约所选定的年限，假定你在2009年11月15日通知你的交易商买入一个5年期关于某家公司的信用保护，最终签署的合约可能在2014年12月20日到期，你的第一次付款日为2009年12月20日，付款数量是为了覆盖2009年11月15日至2009年12月20日这一时段[⊖]。

CDS合约的关键是对违约的定义。关于欧洲参考实体的CDS合约通常将债务重组被定义为信用事件，关于北美洲参考实体的CDS合约却不是这样。

有些市场参与人认为CDS市场会持续其强劲增长趋势，而其他人却没有这么乐观。如业界事例14-2所示，CDS市场存在一个信息不对称问题，而这一问题在其他衍生产品市场并不存在。

业界事例14-2

信用违约互换市场是一种公平游戏吗

信用违约互换与本书中所讨论的其他场外交易衍生产品有一个很重要的不同。其他场外交易衍生产品通常与利率、汇率、股指价格、商品价格等变量有关。我们没有理由认为一个市场参与者对于这些变量会比其他市场参与者具有更好的信息。

某个公司信用违约互换的溢价与在将来某个时间段里这家公司违约的概率有关。很有可能某些市场参与者会具有关于违约概率估计有关更多的信息。如果某家金融机构同这家公司业务来往频繁，向这家公司提供业务咨询或贷款，并且帮这家公司发行新的证券，那么它对这家公司信用的了解肯定要比其他与这家公司毫无来往的金融机构多。经济学家将这种情形叫做信息不对称（asymmetric information）问题。

这种信息不对称是否会约束信用违约互换市场的发展还有待观察。金融机构强调是否买入对某家公司的信用保护通常是基于交易风险管理人员的决定而非金融机构其他某个部门所提供的特殊信息。

14.4.1 最便宜可交割债券

像在14.3节解释的那样，债券的回收率等于债券在刚刚违约后的价格与面值的比率，这意味着信用违约互换的收益等于$L(1-R)$，其中L为面值，R为回收率。

通常在信用违约互换合约中阐明，在违约时有几种不同的债券可以用于交割，可交割债券的优先级往往相同，但在违约发生后，债券与本金的比率可能会有所不同[⊜]，这样一来，信用违约

⊖ CDS的IMM日期与欧洲美元期货的IMM日期接近，但不一致。——译者注

⊜ 有几个原因会造成这种现象，违约时对于债券的追索往往包括面值和应计利息，应计利息高的债券在违约时的价格往往会比较高。市场也许断定重组事件发生之后，公司的决定对某些债券持有人更为有利。

互换就给信用保护的买入方提供了选取某种**最便宜可交割债券期权**（cheapest-to-deliver bond）的机会。当违约发生后，信用保护的买入方（或者现金交割的计算代理）将在所有可以用于交割的债券中找出最便宜的一种进行交割。

14.4.2 信用指数

市场参与者在信用衍生产品市场已经开发了一些信用指数，这些指数用于跟踪信用违约互换的溢差。2004年，市场许多发行人达成一种协议，协议促成了不同指数的合并，现在市场采用的指数包括：

- CDX NA IG指数，这些指数是用于跟踪北美125家投资级公司信用违约互换的溢差。
- iTraxx欧洲指数，这些指数是用于跟踪欧洲125家投资级公司信用违约互换的溢差。

指数中组合在每年的3月20日和9月20日会被更新，当一家公司不再是投资级时，其名称会从组合中消除，取而代之的是其他投资级的公司[㊀]。

例如，某市场的造市商对CDX NA IG 5年指数报出的买入价为165个基点，卖出价为166个基点。大体上讲，一个投资人可以买入关于指数中125个公司的信用保护，每年付费166个基点，假定投资人对每个公司寻求保护的单个面值为800 000美元，投资人的费用为0.016 6×800 000×125，即每年1 660 000美元。同时投资人也可以卖出关于总共125个公司的，单个面值为800 000美元，5年的信用保护，投资人的收入为每年1 650 000美元。当某个公司违约时，信用保护的买入方会收到通常的CDS违约赔偿，信用保护的付款费用减少1 660 000/125 = 13 280(美元)。对于3年、5年、7年和10年的期限，市场关于信用保护的买入和卖出都很活跃，具有这些期限的合约的到期日通常是12月20日和6月20日（这意味着，“5年”合约的期限介于$4\frac{3}{4}$与$5\frac{1}{4}$年之间）。大体上讲，指数溢差是交易组合中的CDS溢差的平均值[㊁]。

合约的准确定义比这里描述的更为复杂一些，信用指数交易类似于债券交易，对于每个指数和期限，我们要阐明一个“券息”（coupon），如果溢差的报价高于券息，信用保护的买入方在交易时向卖出方支付在期限内溢差高出券息的预期贴现值；如果溢差的报价低于券息，信用保护的卖出方在交易时向买入方支付在期限内券息高出溢差的预期贴现值；之后，信用保护的买入方的支付等于券息率乘以到目前为止指数组合中没有违约的公司的总面值，交易就是以这种形式进行的。

14.5 信用溢差

信用溢差是投资人因为承担某种信用风险而每年索取的额外回报，我们以上看到的CDS溢差是信用溢差的一种，另外一种是债券收益率溢差，该溢差等于企业债券收益率高出无风险利率的那部分[㊂]，我们接下来将说明以上两种溢差应近似相等。

14.5.1 信用违约互换与债券的收益率

信用违约互换可以用来对企业债券风险进行对冲，假定某投资人买入了一个5年期的企业债

㊀ 2007年9月20日，市场定义了iTraxx 8系列（Series 8 iTraxx）以及CDX NA IG 9系列（Series 9 CDX NA IG），这些序列号说明，截至2007年9月27日，iTraxx欧洲组合已被更新7次，CDX NA IG系列已被更新8次。

㊁ 更为精确地讲，指数本身的溢差取值比指数交易组合内所包含的公司的信用违约互换溢差的平均值要稍低一些，为了解释这一点，我们考虑两家公司，假定一家公司CDS溢差为1 000个基点，另一家公司CDS的溢差为10个基点，买入这两家公司的信用保护所对应的平均溢差应该稍稍低于505个基点，这是因为1 000个基点的付费期限要小于10个基点的付费期限，因此对1 000个基点溢差应设定较小的权重。

㊂ 在这一阶段，我们假定所有观测到的债券收益率溢差和CDS溢差均是由于信用风险所造成，在今后我们将说明，流动性也会影响这些溢差，流动性越差，溢差越大。

券，债券收益率为每年7%，同时投资人又进入一个5年期信用违约互换，在信用违约互换中投资人买入关于债券发行人的违约保护，假定信用违约互换的溢差为每年200个基点（即2%），这里信用违约互换的作用是将企业债券转换为无风险债券（至少在近似意义上）。如果债券发行人不违约，投资人收益率为每年5%（企业债券收益率减去信用违约互换的溢差），投资人在违约发生前的收益回报率为5%；如果债券发行人违约，信用违约互换合约可以保证投资人用债券换回债券的本金，投资人在收到本金后可以将资金以无风险利率在债券的剩余期限内进行投资。

以上的讨论说明，n 年期信用违约互换溢差应该大约等于 n 年企业债券的收益率与 n 年无风险债券收益率的差价[㊀]。如果信用违约互换溢差远小于企业债券收益率与无风险债券收益率的差价，那么投资人通过买入企业债券及买入信用保护而得出的收益率（近似于无风险）会大于无风险利率；如果信用违约互换溢差远大于企业债券收益率与无风险债券收益率的差价，那么投资人卖空企业债券及卖出信用保护而得到的借款利率会小于无风险利率。以上说明的套利并不完美，但在正常市场条件下，这些套利机会会使得信用违约互换溢差接近于企业债券收益率与无风险债券收益率的差价。

14.5.2 无风险利率

CDS溢差是对信用溢差的一个直接估算，为了由债券收益率来估计信用溢差，我们必须对无风险利率做出假设。当交易员对债券收益率溢差给出报价时，具有某个期限的无风险利率一般是对应于类似期限的国债利率，例如，一个债券交易员对于某一企业债券收益率的报价可能是某国库券收益率加上250个基点。

若干研究人员比较了债券收益率与CDS溢差，并以此来得出隐含无风险利率，为了做到这一点，必须将CDS的期限与债券期限进行匹配，并由无套利利率得出无风险利率，例如，假定5年的债券收益率为4.7%，5年CDS溢差为80个基点，5年的隐含无风险利率为3.9%。

如7.2节所示，交易员通常在衍生产品定价时往往将LIBOR/互换曲线来作为是对无风险利率的近似，研究结果显示这一做法也被延续到信用市场，市场隐含无风险利率与LIBOR/互换曲线的差别远远小于与国债率的差别。一个估计显示，隐含无风险利率在平均意义上大致上等于LIBOR/互换利率减去10个基点，这种估计被视为合理，在7.2节中我们曾指出，互换交易中信用风险可类比为给信用等级为AA级公司的一系列短期贷款的信用风险，信用级别为AA的产品价格中含有10个基点的违约风险溢差是非常合理的。

14.5.3 资产互换

资产互换（asset swap）为信用市场交易员提供了方便，这是因为资产置换价格中的溢差是对企业债券收益率与LIBOR/互换利率之间的溢差的直接估计。

为了解释资产互换的机制，我们假定对于某债券的资产互换的溢差报价为150个基点，对应于这一报价有三种可能

- 债券价格等于账面价格，即100美元。资产互换的一方（公司A）付债券的券息，而另一方（公司B）付LIBOR＋150个基点[㊁]。
- 债券价格低于其账面价格，假定债券价格为95美元，在资产互换中，除了阐明券息以及浮动利率付款量，在互换协议开始时，A方还要对于每100美元的面值再付费5美元。

㊀ n 年期债券的平价收益率是指债券价格等于其面值时所对应的每年券息率。

㊁ A方及B方须保证无论债券是否违约，都必须支付行使条约中注明的款项。

- 债券价格高于其账面价格，假定债券价格为108美元，在互换协议开始时，B方首先对于每100美元的面值付费8美元；然后，在资产互换中A方付债券的券息，B方付LIBOR+150个基点。

以上三种不同可能均使得资产互换的溢差（我们例子中为150个基点）的贴现值等于无风险债券的价格与类似企业债券的差价，这里的无风险利率被假定为LIBOR/互换曲线（见练习题14.16）。

14.5.4 CDS-债券基差

一个公司的CDS-债券基差（CDS-bond basis）等于关于这家公司CDS的溢差与关于这家公司的资产互换（asset swap）溢差的差，即

CDS-债券基差=CDS的溢差-资产互换溢差

根据无套利理论得出，以上数量应接近于0。但事实上，我们可以有若干理由来说明以上数量不为0，例如：

- 标的债券的交易价格可能与面值之间有很大的不同（价格高于面值的基差往往为正；价格低于面值的基差往往为负）
- CDS的交易对手可能会违约（这会造成基差为负的倾向）
- 在CDS合约中，有支付最便宜债券的期权（这会造成基差为正的倾向）
- CDS回报不包括用于交割债券的应计利息（这会造成基差为负的倾向）
- CDS合约中的重组协议（restructuring clause）可能会触发在无违约（没有破产）情况的赔偿支付（这会造成基差为正的倾向）
- 市场认为LIBOR利率高于无风险利率（这会造成基差为正的倾向）

在2007年市场危机之前，以上基差往往为正，例如，De Witt估计2004~2005年，CDS-债券基差大约为16个基点[㊀]。2007年8月份开始的信用危机中，基差变为负值，这可能是投资人对交易对手违约忧心忡忡而造成的，这时，取得资金来进行套利业务对某些投资人已经成为一个难题。

14.6 由信用溢差来估算违约概率

我们现在将讨论如何用信用溢差来估计违约概率。

14.6.1 近似计算

某一5年期信用溢差（CDS互换）为240个基点，回收率为40%，违约带给企业债券持有人损失的期望值为240个基点（或每年2.4%）。因为回收率为40%，我们得出，在没有前期违约的条件下[㊁]，每年的条件违约密度为0.024/(1-0.4)=4%，一般来讲条件违约概率满足

$$h = \frac{s}{1-R} \tag{14-3}$$

式中，h为每年的违约密度（风险率），s为企业债券收益率与无风险收益率的溢差，R为预期回收率。

假定对于若干不同期限，信用溢差为已知，我们可以通过息票剥离方法来求得违约密度的期

㊀ 见J. De Witt, "Exploring the CDS-Bond Basis," Working Paper No. 104, National Bank of Belgium.

㊁ 因为这里在试图计算违约密度，因此要强调在没有前期违约的条件。——译者注

限结构（至少在近似意义上讲），以下我们举例说明计算过程。

例 14-3

假定 3 年、5 年、10 年期限的 CDS 溢差分别为 50、60 和 100 个基点，违约回收率为 60%，3 年平均违约密度近似为 0.005/(1 - 0.6) = 0.0125；5 年平均违约密度近似为 0.006/(1 - 0.6) = 0.015；10 年平均违约密度近似为 0.01/(1 - 0.6) = 0.025。由此得出，3 年与 5 年之间的违约平均密度为 (5 × 0.015 - 3 × 0.0125)/2 = 0.01875；5 年与 10 年之间的违约平均密度为 (10 × 0.025 - 5 × 0.015)/5 = 0.035。

14.6.2 更加准确的计算

以上计算对 CDS 溢差较为适用，当标的债券价格接近于面值时，以上计算对于资产互换溢差也可以给出比较好的近似。我们接下来给出一个更加准确的计算，这一方法对债券价格不接近于面值时也适用。

假设关于某企业 5 年债券资产互换的溢差为 200 个基点，无风险利率（LIBOR/互换利率）为 5%（连续复利），企业债券的券息为每年 6%（半年付息一次），债券预期回收率为 40%。为了简单起见，假定企业债券每年的违约率为 Q[⊖]，并且违约只会发生在 0.5 年、1.5 年、2.5 年、3.5 年及 4.5 年时，即刚好发生在付券息之前（这里的分析可以被推广到违约发生得更为频繁的情形）。

表 14-3 由违约率 Q 计算了预期亏损，为了说明计算过程，我们考虑表 14-3 中对应 3.5 年的一行，在 3.5 年时，债券价格的期望值为（在计算中利用无风险利率、LIBOR/互换利率和远期利率）

$$3 + 3e^{-0.05\times0.5} + 3e^{-0.05\times1.0} + 103e^{-0.05\times1.5} = 104.34$$

由 14.3 节回收率定义得出，违约发生时债券回收价值为 40，因此违约触发损失为 104.34 - 40 = 64.34，这一损失所对应的贴现值为 54.01，因此违约预期亏损为 $54.01Q$。

表 14-3 显示预期亏损的总和为 $288.48Q$，该预期亏损也就是资产互换溢差支付的贴现值，即等于面值为 100，券息率为 2%，每 6 个月支付一次的现金流的贴现，每 6 个月一次的现金流为 1 美元，所有现金流的贴现值为

$$1 \times e^{-0.05\times0.5} + 1 \times e^{-0.05\times1} + 1 \times e^{-0.05\times1.5} + \cdots + 1 \times e^{-0.05\times5} = 8.738$$

因此，

$$288.48Q = 8.738$$

由此得出 $Q = 3.03\%$，即每年 3.03% 的无条件概率与以上数据一致。

表 14-3 由债券的每年违约概率 Q 来计算违约损失，本金 = 100 美元

时间（年）	违约概率	回收的量（美元）	无风险价值（美元）	损失	贴现因子	预其损失的贴现值（美元）
0.5	Q	40	106.73	66.73	0.9753	$65.08Q$
1.5	Q	40	105.97	65.97	0.9277	$61.20Q$
2.5	Q	40	105.17	65.17	0.8825	$57.52Q$
3.5	Q	40	104.34	64.64	0.8395	$54.01Q$
4.5	Q	40	103.46	63.46	0.7985	$50.67Q$
总计						$288.48Q$

由近似方法得出的违约密度为

$$0.02/(1 - 0.4) = 0.0333$$

⊖ 另外一种假设是违约概率是在无违约条件下（而不是假设为无风险违约概率）每年为均等（见作业题 14.22），这时我们可以采用一个迭代过程来确定违约密度。

即3.33%，这一结果比更为准确方式得出的结果要高，利用这一违约密度所得出的债券价格会低于面值[⊖]。

如果对于若干期限，我们已知资产互换的溢差，我们可以利用息票剥离方法来求得违约概率的期限结构（见练习题14.15和作业题14.23），以上方法类似于附录B中讨论的对零息收益曲线进行计算的息票剥离方法，例如，我们有在3年、5年、7年和10年到期的债券，我们可以利用第1个债券来估计前3年每年的违约概率，利用第2个债券来估计第4年和第5年的违约概率，利用第3个债券来估计第6年和第7年的违约概率，利用第4个债券来估计第8年、第9年和第10年的违约概率。

14.7 违约概率的比较

由历史数据来估算的违约概率要远远小于由债券价格中隐含估算出的违约概率，表14-4的结果说明了这一点[⊜]，该表给出了起始信用级别为一定的公司由（a）历史数据及（b）债券价格等两种不同办法所计算出来的违约密度在7年间的平均值。

利用历史数据计算违约密度，我们采用式（14-2）及表14-1。由式（14-2）我们得出

$$\bar{\lambda}(7) = -\frac{1}{7}\ln[1 - Q(7)]$$

式中，$\bar{\lambda}(t)$ 为截止到时间 t 的平均违约密度（或风险率）；$Q(t)$ 为截止到时间 t 的累积违约概率。$Q(7)$ 的数值直接来自于表14-1。例如，对于信用级别为A的公司，$Q(7)$ 的数值为0.007 62，因此，7年违约密度的平均值为

$$\bar{\lambda}(t) = -\frac{1}{7}\ln(1 - 0.007\,62) = 0.001\,1$$

即0.11%。

由债券价格计算违约密度，我们需要采用式（14-3）。在计算中，我们采用了美林证券（Merrill Lynch）发表的数据，数据覆盖时间为1996年12月至2007年10月。在计算中，回收率被假设为40%，根据上一节的讨论，无风险利率被假设为7年互换利率减去10个基点。例如，对于A级债券，美林证券所报告的收益率为5.993%，平均互换利率为5.398%，因此平均无风险利率为5.298%，7年平均违约率为

$$\frac{0.059\,93 - 0.052\,98}{1 - 0.4} = 0.011\,6$$

即1.16%。

表14-4显示，对于投资级债券，由债券价格计算出的违约概率与由历史数据计算出的违约概率的比率很大，但这些比率随着信用级别降低而有所下降，与此相比，两种违约概率的差随着信用级别的降低而有所增加。

表14-4 7年平均违约密度（每年,%）

级别	历史违约密度	由债券价格计算的违约密度	比　率	差　距
Aaa	0.04	0.60	16.6	0.56
Aa	0.05	0.74	15.0	0.69

⊖ 因为债券收益率（7%）高于券息率（即6%），债券价格低于面值。

⊜ 表14-4及表14-5来自于J. Hull，M. Predescu and A. White，“Bond Prices，Default Probabilities and Risk Premiums，” *Journal of Credit Risk*，1，No.2（2004），53-60。

（续）

级别	历史违约密度	由债券价格计算的违约密度	比　率	差　距
A	0.11	1.16	10.6	1.05
Baa	0.40	2.13	5.3	1.73
Ba	2.07	4.67	2.3	2.60
B	5.62	7.97	1.4	2.35
Caa	11.26	18.16	1.6	6.90

表 14-5 是对这些结果的另一种解释，此表显示出不同信用级别的投资人超出无风险利率之上的投资回报，这里的无风险利率仍然等于 7 年互换利率减去 10 个基点。我们考虑 A 级债券，这种债券的收益率超过国债收益率的平均溢差 112 个基点，在这 112 个基点中的 42 基点是我们选取的无风险利率与 7 年国债收益率的溢差，补偿预期违约需要 7 个基点（这一数值等于表 14-4中的真实违约率乘以 1 减去回收率 0.4），最终我们得出额外预期回报（将预期违约考虑在内）为 63 个基点。

表 14-5　债券的额外预期回报（基点）

级别	债券收益率超出国债收益率的溢差（基点）	无风险利率超出国债收益率的溢差（基点）	历史违约的溢差（基点）	预期额外溢差（基点）
Aaa	78	42	2	34
Aa	87	42	3	42
A	112	42	7	63
Baa	170	42	24	104
Ba	323	42	124	157
B	521	42	337	142
Caa	1132	42	676	414

表 14-4 及表 14-5 显示，虽然两种违约概率差距很大，但对应的债券价格的额外预期回报相对较小。对于 Aaa 级别的债券，两种违约概率的比率为16.6，但额外预期回报仅仅只有 34 个基点。额外预期回报随着信用级别的降低而有所增加[⊖]。

表 14-5 中的额外回报并不总是常数，信用溢差（即额外回报）在 2001 年、2002 年及 2003 年的前半年很高，之后一段时间很低，一直到 2007 年 8 月即在信用危机开始后，信用溢差急剧增加（见第 16 章关于信用紧缩的讨论）。

业界事例 14-3

风险中性定价

在衍生产品定价中，最重要的理论莫过于风险中性定价（risk neutral valuation）理论，在这一理论中，我们可由如下方式来对某衍生产品进行定价：

- 假定所有的投资人均为风险中性。
- 计算预期的现金流。
- 对将来的现金流以无风险利率来进行贴现。

接下来我们给出一个关于风险中性定价的简单实例。假定，一个零息股票的当前价格为 30 美元，我们考虑一衍生产品，这一衍生产品在一年期的回报如下：一年时的股价如果高于 40 美元，衍生产品回报为 100 美元；一年时的股价如果低于 40 美元，衍生产品回报为 0（这一

⊖ 对于 B 级债券，表 14-4 及表 14-5 显示的特征刚好相反。

产品被称现金或空手（cash-or-nothing）两点式看涨期权）。假定，无风险利率为5%（连续复利），股票的预期回报为10%（连续复利），股票回报的波动率为每年30%。在风险中性的假设下，股票的增长率等于无风险利率5%。可以证明，在Black-Scholes对数正态分布假设下，股票的增长率等于无风险利率即5%。在这一增长率下，在一年时股票价格大于40美元的概率为0.1730，此衍生产品的期望值为100×0.1730=17.30，采用5%的贴现率，我们得出此衍生产品的价格为16.46美元。

在10%增长率的假设之下，在一年时股票价格大于40美元在真实世界的（real-world/physical）概率为0.2190，在真实世界衍生产品的回报为21.90美元，对于这个将来的现金流我们并不知道采用什么样的利率去进行贴现。众所周知，股票投资具备风险，这一风险在市场价格中有所体现（否则股票投资的回报不会比无风险投资利率5%更高）。衍生产品对基础资产的风险会产生杠杆效应（leveraging the risk），因此我们对于预期回报要设定一个较高的贴现率，我们已知衍生产品的价格为16.46美元，可以得出对真实世界预期回报21.91美元的贴现率必须是28.6%。

14.7.1 真实世界与风险中性概率比较

在业界事例14-3中，我们解释了风险中性理论，这一理论可以使我们在所有投资人为风险中性的前提下，对现金流进行定价（也就是说投资人并不因承担风险而索取额外风险溢价），采用风险中性定价，我们可以求得的产品价格、计算出的价格无论是在真实世界或风险中性世界均适用。

由债券收益率所隐含的违约概率为风险中性概率（这些概率是在假设所有投资人均为风险中性的前提下）。为了解释这一结论，我们考虑表14-3有关违约概率的计算，在计算过程中我们假定对预期亏损可以用无风险利率进行贴现，这意味着表14-3中的违约概率为风险中性概率。

与此相比，由历史数据所隐含的概率为真实世界的违约概率（有时也被称为真实概率（physical probability））。表14-5中的额外预期回报直接起源于真实世界及风险中性世界违约概率的不同，当没有额外预期回报时，真实世界违约率等同于风险中性违约率，这一结论反过来也成立。

为什么真实世界中的违约概率与风险中性世界的违约概率会相差甚远呢？就像我们刚刚讨论的那样，这一问题等同于：为什么企业债券交易员的平均收益要高于无风险利率？

一个原因是企业债券的流通性较差，债券交易员会因此而索求更高的回报，但这只占整体额外回报的一小部分，这一说法大概可以解释额外回报中的25个基点。另外一个可能的原因是债券交易员的主观违约率假设可能比表14-1中给出的违约率高得多，交易员所假想的萧条情形可能要比1970～2007年中的真实情形更差。但是以上说法很难解释大部分的额外回报[○]。

债券违约并不是相互独立的，这一特性是导致表14-4及表14-5中的结果的最主要原因。在有些时间段违约率较低，而在其他时间段违约率较高。不同时间段有不同的违约率证明了这一点。穆迪1970～2007年的统计结果显示，对于投机级债券，1979年的违约率仅仅为0.418%，而2001年的违约率却高达9.978%）。债券违约的相关性会触发系统风险（即不能通过风险分散而消除的风险），债券交易员因承担风险自然会索取回报，年与年之间违约率的不同可能要归咎于整体的经济条件，或者某公司的违约会触发其他公司的违约（这一现象被研究人员称为信用连锁反应（credit contagion））。

○ 除了基于1970～2007年时间段的表14-1以外，穆迪也产生了一个基于1920～2007年时间段的数据表，采用这一较长时间段的数据，我们发现对应于表14-4中的投资级债券的历史违约密度有所增加，但是，非投资等级债券的违约密度有所下降。

除了我们刚刚讨论的系统风险，每一个债券还会伴有非系统（或特殊（idiosyncratic））风险。当我们讨论股票时，我们认为投资人可以选取一定股票组合，例如，由 30 个股票构成股票组合来分散非系统风险，因此投资人对承担非系统风险不应要求额外风险溢差（risk premium）。对于债券，我们就没有这么清晰的结论，债券收益具有非常大的偏态性，而且上涨的幅度有限（例如，对于单一债券可能在一年内有 99.75% 的概率收益率为 7%，而有 0.25% 的概率收益率为 -60%，第一个情形对应于没有违约发生，第二个情形对应于违约发生），这类风险难以分散[⊖]，我们必须持有成千上万的债券才能将风险分散。在实际中，许多证券组合并没有做到完全的风险分散，因此，证券交易员对于自身所承担的非系统风险也要求额外回报，这类似于前一段讨论的对承担系统风险要求额外回报的情形。

14.7.2 究竟应该采用哪种估计

到这一步我们自然会问，在信用分析中我们是应该采用真实世界的违约率还是风险中性世界的违约率。对这一问题的回答取决于我们分析的目的，当是对衍生产品定价或者分析违约对产品价格的影响时，我们应该采用风险中性违约概率，这是因为在分析中会涉及计算将来预期的现金流的贴现值，在计算中会不可避免（有意或无意）地采用风险中性定价理论；当采用情景分析法来估测因违约而触发的损失时，应该采用真实世界的违约率，在计算监管资本金时采用的违约概率也应为真实世界的违约概率。

14.8 利用股价来估计违约概率

当我们采用类似表 14-1 的数据来估计公司真实世界的违约概率时，我们必须依赖公司的信用评级，不幸的是公司信用评级的更新较慢，因此有些人认为股票价格对估测违约概率提供了及时的信息。

在 1974 年，默顿（Merton）提出了一个模型，在模型中公司的股票被当做公司资产的期权[⊜]。为了便于讨论，假设公司仅发行一个零息债券，债券到期时间为 T，定义

V_0：公司资产的当前价值

V_T：公司资产在时间 T 的价值

E_0：公司股票的当前价值

E_T：公司股票在时间 T 的价值

D：在时间 T 公司发行债券的本息总和

σ_V：资产波动率（假设为常数）

σ_E：股票的瞬时波动率

当 $V_T < D$ 时，公司会对自己发行的债券违约（至少在理论上讲），此时公司的股价为 0；当 $V_T > D$ 时，公司会支付自己在时间 T 时的负债，在时间 T 的股票价格为 $V_T - D$。在默顿模型中，在时间 T 时，公司的股价为

$$E_T = \max(V_T - D, 0)$$

以上公式显示出公司的股票可以看做对公司资产的看涨期权，期权的执行价格为债券应偿还的本

⊖ 见 J. D. Amato and E. M. Remolona, "The Credit Spread Puzzle," *BIS Quarterly Review*, 5 (December 2003), 51-63。

⊜ 见 R. Merton "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates," *Journal of Finance*, 29 (1974), 449-470。

息总量。Black-Scholes 公式（见本书附录 E）给出了这一期权的当前价格

$$E_0 = V_0 N(d_1) - De^{-rT} N(d_2) \tag{14-4}$$

式中

$$d_1 = \frac{\ln(V_0/D) + (r + \sigma_V^2/2)T}{\sigma_V \sqrt{T}} \text{及} \ d_2 = d_1 - \sigma_V \sqrt{T}$$

式中，$N(\cdot)$ 代表累积正态分布函数，债券今天的价格等于 $V_0 - E_0$。

公司在时间 T 时的违约风险中性概率为 $N(-d_2)$，为计算这一数量，我们需要 V_0 及 σ_V，这两个变量都不能在市场上直接观察。但是如果公司是一家上市公司，我们可以观察到 E_0，这意味着式（14-4）是 V_0 及 σ_V 必须遵守的一个等式，我们此时也可以估计 σ_E，由随机微积分中的伊藤引理（Ito's Lemma），我们得出

式中，$\frac{\partial E}{\partial V}$是股票的 Δ 值，根据附录 E，它就是 $N(d_1)$，所以

$$\sigma_E E_0 = N(d_1)\sigma_V V_0 \tag{14-5}$$

式（14-5）是 V_0 及 σ_V 必须遵守的另一个等式。式（14-4）及式（14-5）给出了一组关于 V_0 及 σ_V 的方程组，由这两个方程我们可以求得 V_0 及 σ_V 的解[㊀]。

例 14-4

假如一家公司的股价为 300 万美元，股价变化的波动率为 80%，公司在一年后必须支付的债务付款为 1 000 万美元，无风险利率为每年 5%（以下计算以百万计），对应这一情形 $E_0 = 3$，$\sigma_E = 0.80$，$r = 0.05$，$T = 1$ 及 $D = 10$，对式（14-4）及式（14-5）求解，我们得出 $V_0 = 12.40$ 及 $\sigma_V = 0.2123$，变量 $d_2 = 1.1408$，公司违约概率为 $N(-d_2) = 0.127$，即 12.7%。债券的当前市价为 $V_0 - E_0$，即 9.40。债券预期付款的贴现值为 $10e^{-0.05 \times 1} = 9.51$，债券的预期亏损为 $(9.51 - 9.40)/9.51$，此量为违约债券价值的 1.2%，将这一概率同违约概率进行比较我们可以得出违约的预期回收率，即 $(12.7 - 1.2)/12.7 = 91\%$。

14.8.1 违约距离

我们采用术语违约距离（distance to default）来描述默顿模型的输出结果。这一数量为资产价格在时间 T 偏离会触发违约发生时的价格变化占标准差的倍数，违约距离的定义为

$$\frac{\ln V_0 - \ln D + (r - \sigma_V^2/2)T}{\sigma_V \sqrt{T}}$$

当违约距离减小时，公司违约的可能性加大。在例 14-4 中，1 年的违约距离为标准差 1.14 倍。

14.8.2 基本模型的推广

我们接下来说明基本默顿模型在几个方面得到了推广。例如，一种推广形式是假定每当资产价格低于一定的障碍值时，就会违约；另外一种推广方式是假定债券的偿还次数多于一次。许多研究人员发现公司发行股票的隐含波动率是反映公司违约率的一个很好指标（隐含波动率越大，违约概率也越高）。赫尔等人证明了这一结果与默顿模型的一致性[㊁]，赫尔等人采用两种股票的波

㊀ 为了对两个非线性方程 $F(x, y) = 0$ 及 $G(x, y) = 0$ 求解，我们可以采用 Excel 中的 Solver 功能，通过求取 $[F(x, y)]^2 + [G(x, y)]^2$ 极小值来达到目的。

㊁ 见 J. Hull, I. Nelken and A. White, "Merton's Model, Credit Risk, and Volatility Skews," *Journal of Credit Risk*, 1, No. 1 (2004), 1-27。

动率实施了默顿模型，结果显示这种推广模型与最初的实施方式结果非常接近。

14.8.3 模型的表现

由默顿模型及其推广形式所产生的违约概率与实际违约概率有多么接近呢？这一问题的答案是：默顿模型及其推广形式对违约概率在风险中性及真实世界均提供了较好的排序（风险中性世界及真实世界），这意味着由默顿模型产生的违约概率可以通过其与真实世界及风险中性违约概率之间存在的某种单调关系而被影射为真实世界或风险中性世界的违约率[㊀]。表面看来，用风险中性违约概率$N(-d_2)$来估计真实世界的违约率有些牵强，但是在以上描述的校正过程的前提下却变得合理，我们在分析计算中所采用的一个根本假设是：不同公司的风险中性违约概率与真实世界的违约概率在排序上存在某种一致性。

14.9 小结

对风险管理人员而言，估计违约概率及回收率是一个很重要的业务事项，如果一家公司公开发行债券，信用评级是一个重要信息来源，穆迪等评级公司对于其所给出评级的公司提供了大量的关于违约的统计数据，回收率的计量是以债券面值的比率为准，其估计是通过在违约时的债券价格而得出的，对于不同的债券，评级公司也提供了关于回收率的统计数据。

我们可以通过几个渠道来估计违约概率。信用违约互换市场（CDS）是一个信息来源。在一个 CDS 合约中，一家公司从另外一家公司买入关于参考实体（即第 3 家公司）对自身的义务违约保险，CDS 的赔偿回报等于债券的面值减去债券刚刚违约时的价格。CDS 溢差与违约概率之间可以建立某种关系，这一溢差就是保险买入方支付的费用。另外一个估计违约概率的信息来源是资产互换市场，资产互换溢差是对债券收益率高出 LIBOR/互换利率的数量。第 3 个估计违约概率的信息来源是股票市场，一个由罗伯特·默顿在 1974 年研发出的模型可以用于从股票价格和波动率中来产生对于违约概率的估计。

基于历史数据的违约概率，例如，由评级公司所产生的违约概率，被称为现实世界或真实世界的违约概率，由 CDS、债券和资产互换得出的违约概率被称为风险中性违约概率，以上两个概率有很大区别，这主要是由于债券和其他相关产品具有系统风险，而这些系统风险不能够被分散，交易员对承担风险索取的回报高于现实世界中的违约预期费用。由默顿模型所得出的概率在理论上讲为风险中性概率，但是由模型得出的结果可以得到校正并由此得出风险中性及真实世界的两种概率。

真实世界的概率可以用于情景分析及信用风险价值度（credit VaR）的计算，风险中性概率可以用于与信用有关的产品定价以及计算因为对手违约而对于产品价格的调整数量[㊁]。

推荐阅读

Altman, E. I., "Measuring Corporate Bond Mortality and Performance," *Journal of Finance*, 44 (1989): 902-922.

Duffle, D., and K. Singleton, "Modeling Term Structures of Defaultable Bonds," *Review of Financial Studies*, 12(1999): 687-720.

㊀ 穆迪 KMV 公司将默顿模型的违约概率转换为真实世界的违约概率（这一概率被称为 EDF，EDF 为预期违约频率（expected default frequency）的缩写）。CreditGrades 采用默顿模型来估计信用溢差，这一信用溢差与风险中性违约概率密切相关。

㊁ 即市场流行的信用价值调解计算（credit value adjustment，CVA）。——译者注

Hull, J. , M. Predescu, and A. White, "Relationship between Credit Default Swap Spreads, Bond Yields, and Credit Rating Announcements," *Journal of Banking and Finance*, 28 (November 2004): 2789 -2811.

Hull, J. , M. Predescu, and A. White, "Bond Prices, Default Probabilities, and Risk Premiums, "*Journal of Credit Risk*, 1, 2(Spring 2005) : 53 -60.

Kealhofer, S. , "Quantifying Default Risk I: Default Prediction," *Financial Analysts Journal*, 59, 1 (2003a) : 30 -44.

Kealhofer S. , "Quantifying Default Risk Ⅱ : Debt Valuation,"*Financial Analysts Journal*, 59,3(2003b): 78 -92.

Litterman, R. , and T. Iben, "Corporate Bond Valuation and the Term Structure of Credit Spreads, " *Journal of Portfolio Management*, Spring 1991: 52 -64.

Merton, R. C. , "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates, " *Journal of Finance*, 29(1974) : 449 -470.

Rodriguez, R. J. , "Default Risk, Yield Spreads, and Time to Maturity,"*Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 23(1988) : 111 -117.

练习题

14.1 穆迪对于还没有违约的公司提供多少个信用评级？这些信用级别分别都是什么？

14.2 标准普尔对于还没有违约的公司提供多少个信用评级？这些信用级别分别都是什么？

14.3 利用表14-1的数据来计算B级公司第1年的平均违约密度。

14.4 利用表14-1的数据来计算B级公司第3年的平均违约密度。

14.5 某信用违约互换付费为每半年一次，付费溢差为60个基点，信用违约互换的本金为3亿美元，信用违约互换的交割方式为现金形式，假设违约发生在4年2个月，而信用违约互换价格的计算方所提供的最便宜可交割债券在刚刚违约时的价格等于面值的40%，请陈述此合约所涉及的现金流以及信用卖出方的所付赔偿的时间。

14.6 请说明信用违约互换的两种交割方式。

14.7 请解释风险中性概率与真实世界违约概率的差别。

14.8 哪一个公式建立了CDS回报与CDS面值及回收率的关系？

14.9 某家企业3年期债券的收益率与类似的无风险债券的收益率的溢差为50个基点，债券回收率为30%，请估计3年内每年的平均违约密度。

14.10 某家企业5年期债券的收益率与类似的无风险债券的收益率的溢差为80个基点，假定回收率为40%，请估计5年内每年的平均违约密度，如果企业3年期债券的溢差为70个基点，计算结果显示第4~5年的平均违约密度为多少？

14.11 对于以下情形，研究人员应采用真实世界还是风险中性的违约概率：(a) 计算信用风险价值度；(b) 因违约而造成的价格调整。

14.12 回收率通常是怎么定义的？

14.13 请验证 (a) 表14-4中第2列的结果与表14-1的一致性；(b) 表14-5中的第4列结果与表14-4的一致性，在计算中假设回收率为40%。

14.14 一个4年期的资产互换利率为180个基点（每半年付息一次），标的债券的券息为每年4%，每半年付息一次，无风险收益率曲线为水平，为3%（以连续复利为计），假定违约事件仅仅发生在年末（在付息和支付本金之前）并假设回收率为30%，假定风险中性违约率在今后每年均相同，请估计风险中性违约率。

14.15 假定关于公司的3年期及5年期资产互换的溢差分别为100及125个基点（每年支付一次），相应的债券的券息均为每年4%，券息每年支付一次，对于所有期限的无风险利率均为3.5%（以连续复利计），债券回收率为40%，违约事件均发生在每年的正中间，从第1年到第3年的每年风险中性违约率为Q_1，从第4年到第

5 年的违约率为 Q_2，估计 Q_1 及 Q_2 的数量。

14.16 考虑某资产置换，B 为对应于一美元单位面值的债券价格，B^* 为对应于一美元单位面值的无风险债券价格，V 为对应一美元单位面值的溢差的贴现值，请证明 $V = B^* - B$。

14.17 证明 14.8 节中默顿模型中的 T 年期限零息债券的信用溢差等于

$$-\ln[N(d_2) + N(-d_1)/L]/T$$

式中，$L = De^{-rT}/V_0$。

14.18 某公司的股票市价为 200 万美元，股票价格变化的波动率为 50%，在一年时债券偿还数量为 500 万美元，无风险利率为每年 4%，采用默顿模型计算违约概率（提示：采用 Excel 中的 Solver 功能来对问题中的方程求解）。

14.19 “在信用违约互换中信用买入方的头寸与某个无风险债券的长头寸及某个企业债券的短头寸相似”，请解释这一观点。

14.20 为什么在信用违约互换中存在信息不对称问题？

14.21 假定 LIBOR/利率互换曲线为水平 6%（以连续复利计），5 年期的券息为 5%（每半年付息一次）的债券价格为 90.00，对应于这一债券的资产置换应如何构造？此时资产置换的溢差应如何计算？

作业题

14.22 假定一个资产互换的溢差为 100 个基点，每半年支付一次，企业标的债券的券息为每年 7%，券息每半年支付一次，对应于所有期限的无风险债券收益率为每年 4%（每年复利两次），假定违约事件每半年发生一次（刚好在券息付出日之前），回收率为 45%。请在以下假设下估计违约概率；(a) 对应于每一个违约事件的无条件违约概率均相同；(b) 在每个违约日期之前无违约的条件下，违约条件概率均相同。

14.23 假定关于某公司的一年和两年期限的资产互换的溢差分别为 150 个基点和 210 个基点，每年支付一次，两种标的债券的券息均为 8%，券息每年支付一次，对应于所有期限为无风险利率均为 4.5%，回收率为 35%，违约事件均发生在年中，请估计每年的风险中性违约率。

14.24 某公司的股票市价为 400 万美元，股票变动的波动率为 60%，在 2 年时偿还债券的数量为 1 500 万美元，无风险利率为每年 6%，采用默顿模型来估测违约预期亏损、违约概率及违约时的回收率，请解释为什么默顿模型会给出一个较高的回收率（提示：Excel 中的 Solver 功能可以用于对这一问题的方程求解）。

15 CHAPTER

第 15 章

信用风险损失和信用风险价值度

本章我们将讨论衍生产品信用风险的量化过程和信用风险价值度的计算，我们还将演示金融机构如何对预期风险损失进行估算以及如何构造交易来减少预期亏损量。

本章最后是关于风险价值度的计算。1996 年修正案允许银行开发自身的内部模型来计算交易账户中的市场风险价值度（VaR），但是《新巴塞尔协议》没有给银行同样的自由来计算银行账户中的信用风险价值度（credit VaR），研发计算信用风险 VaR 的内部模型是银行管理过程中一个很重要的内容，这些内部模型可以用来计算交易账户中信用监管资本金（即特定资本金），也可同样用于计算经济资本金。在第 21 章我们将对这一点进行讨论。

第 14 章讨论了真实世界及风险中性违约概率的主要差别（见 14.6 节和 14.7 节），真实世界的违约概率可由历史数据估算，风险中性违约概率可由信用风险互换的溢差和债券的溢差来估算。在本章的第 1 部分计算预期信用损失时，我们将采用风险中性违约概率，因为这时我们是在计算将来现金流的贴现值。在计算信用 VaR 时；我们采用真实世界的违约概率，因为这时我们只需要考虑将来的情形，而不需要计算贴现值。

15.1 信用损失的估算

一个贷款的信用损失主要取决于违约概率及回收率。在第 14 章中我们讨论了不同的计算过程，金融机构通常会结合自己的经验以及其他公式进行计算。

15.1.1 衍生产品交易

衍生产品交易的信用风险要比贷款中的信用风险更加复杂，这是因为衍生产品交易相应的违约损失要比贷款中的违约损失更具不定性。假定某金融机构与某交易对手有一衍生产品交易，我们应该考虑以下三种情形：

- 这一衍生产品永远是金融机构的债务。
- 这一衍生产品永远是金融机构的资产。
- 这一衍生产品既可能是金融机构的资产也可能是金融机构的债务。

第 1 种情形的一个实例是期权的短头寸；第 2 种情形的实例是期权的长头寸；第 3 种情形的实例是远期合约或利率互换。

第 1 种情形中的衍生产品交易对于金融机构来讲不会产生信用风险，当交易对手违约时，不会造成金融机构的任何损失，这一衍生产品是交易对手的资产，违约发生时，交易对手往往会对交易进行平仓，或将它卖给第 3 个交易对手。无论如何，对金融机构而言，对手违约不会造成任何信用损失（也没有收益）。

第 2 种情形所对应的衍生产品一定会对金融机构造成信用风险，当交易对手违约时，往往会造成金融机构的损失，这一衍生产品是交易对手的债务，在对手违约时，金融机构会对交易对手的资产进行追索，最终金融机构可能只会收回衍生产品价值的一部分[一]。

第 3 种情形所对应的衍生产品可能会触发，也可能不会触发信用风险，当衍生产品对于金融机构的价值为正时，如果交易对手违约，金融机构会对交易对手的资产进行追索，此时金融机构可能会遭受损失；当衍生产品对于金融机构的价值为负时，如果交易对手违约，交易对手会将衍生产品交易进行平仓或出售，此时衍生产品不会给金融机构带来任何信用损失[二]。

15.1.2 调整衍生产品价值以反映对手违约的风险

一个金融机构（或衍生产品用户）应如何调整衍生产品价格来反映交易对手的信用风险呢？假定某衍生产品在没有违约发生时价格为 f_0，现在让我们假定违约可能发生，违约的时间为 t_1，t_2，…，t_n，假定对于金融机构而言衍生产品在 t_i 的价值为 f_i（假定没有违约），假定 t_i 所对应的违约概率为 q_i[三]，预期回收率为 R。

对应 t_i 时刻，金融机构的潜在损失为 $\max(f_i，0)$，图 15-1 显示了这一头寸，在违约发生时，预期回收量为 R 乘以这一头寸的数量，假定违约概率及预期回收量与衍生产品的价格相互独立，根据风险中性定价原则（见业界事例 14-3），任何未来的现金流可以用无风险利率进行贴现，对应于违约时刻 t_i 的风险中性预期亏损为[四]：

$$q_i(1-R)\hat{E}[\max(f_i,0)]$$

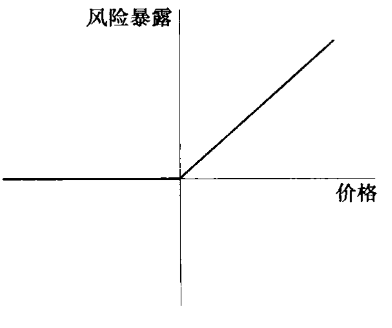


图 15-1 衍生产品的信用风险头寸与无违约价格的关系

式中，$\hat{E}$代表风险中性世界的期望值，$\max(f_i，0)$ 项是一个衍生品的衍生品（derivative of a derivative），在 t_i 的违约触发损失的贴现值为 $u_i v_i$，其中 u_i 等于 $q_i(1-R)$，v_i 为$\hat{E}[\max(f_i，0)]$ 由 t_i 到今天以无风险利率的贴现值（v_i 为衍生品的衍生品的价值），在所有违约时间上进行求和，我们可以得出违约费用的整体贴现值

[一] 对衍生产品交易对手追索权的级别往往与无抵押品资产投资人的追索权的级别一致。
[二] 公司往往是因为整体的负债量而不是某单个交易而违约。在公司违约时，很有可能某些交易对于公司而言具有正价值。
[三] 这一违约概率可通过 14.4 节描述的方法由债券价格计算得出。
[四] 当违约与风险暴露相关时，该公式并不成立。

$$\sum_{i=1}^{n} u_i v_i \tag{15-1}$$

在这里我们再一次考虑以上3种可能的情形，第1种情形（衍生产品永远是金融机构的债务）比较容易处理，此时f_i的价格永远为负，所以由式（15-1）得出的由违约造成的整体违约损失为0，金融机构对于这种衍生产品不需要做违约费用调整（当然交易对手可能将金融机构的违约建立在自身的模型之中）。

对于第2种情形（衍生产品永远是金融机构的资产），f_i的价格永远为正，因此$\max(0, f_i)=f_i$，因为v_i是f_i的贴现值，所以$v_i=f_0$，由式（15-1）所表达的违约费用的贴现值变为

$$f_0\sum_{i=1}^{n} q_i(1-R)$$

如果f_0^*为衍生产品的实际价格（即允许违约发生），因此

$$f_0^* = f_0 - f_0\sum_{i=1}^{n} q_i(1-R) = f_0\left[1-\sum_{i=1}^{n} q_i(1-R)\right] \tag{15-2}$$

由衍生产品交易对手发行的无抵押零息债券，即在T时刻支付1美元的债券，可以被归为第2种情形。定义B_0为无违约风险时的债券价格，B_0^*为债券的实际价格。我们采取一个简化的假设，假定在违约时，债券评级与衍生产品相同，即具有等同的回收率，因此

$$B_0^* = B_0\left[1-\sum_{i=1}^{n} q_i(1-R)\right] \tag{15-3}$$

由式（15-2）和式（15-3），得出

$$\frac{f_0^*}{f_0} = \frac{B_0^*}{B_0} \tag{15-4}$$

如果y为在T时刻到期的无风险零息债券的收益率，y^*为在T时刻到期的由衍生产品交易对手发行的零息债券收益率，即$B_0=e^{-yT}$与$B_0^*=e^{-y^*T}$，式（15-4）给出

$$f_0^* = f_0 e^{-(y^*-y)T} \tag{15-5}$$

上式说明，对于任意在T时刻提供收益的衍生产品定价，我们可以将贴现率由无风险利率y变为有风险利率y^*。

例 15-1

考虑公司在场外市场卖出的一个2年期的期权，在无违约前提下期权价值为3美元。假定该公司发行的2年期零息债券的收益率比相应的无风险利率高1.5%，期权的实际价值为

$$3e^{-0.015\times 2} = 2.91$$

即2.91美元。

对于第3种情形，f_i的符号不确定，v_i的价格可理解为对应于行使价格为0，而标的变量为f的看涨期权的价格，一种计算v_i的办法是在衍生产品期限内对市场变量进行模拟，有时也可能会有某种解析式或采用查表和其他近似方法。

例 15-2

假如某银行与某金矿之间达成一个远期合约，在合约中银行同意在2年后买入100万盎司的黄金，远期价格为每盎司800美元，假定违约只在两个时间点发生，即由今天开始的1年后和2年后，金矿在1年时违约概率为2%、2年时违约概率为3%，无风险利率为每年5%，银行假定违约回收率为30%，2年到期的黄金远期价格的波动率为20%。

这时，

$$u_1 = 0.02\times(1-0.3) = 0.014$$
$$u_2 = 0.03\times(1-0.3) = 0.021$$

1 年时远期合约的现值为 $(F_1-800)e^{-0.05\times1}$，其中 F_1 为远期合约在 1 年时的价格（见附录 C），v_1 等于在 1 年时回报为 $\max[(F_1-800)e^{-0.05\times1}, 0]$（以百万计）的合约的贴现值，该回报等价于 $e^{-0.05\times1}\max(F_1-800, 0)$，其贴现值等于关于 F_1 的买入看涨期权乘以 $e^{-0.05\times1}$，利用 DerivaGem 软件可以计算出期权价格，其中初始期货价格为 800 美元，执行价格为 800 美元，无风险利率为 5%，波动率为 20%，期权期限为 1 年，计算得出的期权价格为 60.62 美元，v_1 为 $60.62e^{-0.05}$，即 5 766 万美元。

远期合约在 2 年时的价值为 F_2-800，其中 F_2 为黄金远期合约在2年时的价格（等价于即期价格），v_2 等于在 2 年时回报为 $\max(F_2-800, 0)$（以百万计）的合约的价值，这等价于关于 F_2 的买入期权的回报，利用 DerivaGem 软件可以计算出 2 年期关于期货的看涨期权价格，其中初始期货价格为 800 美元，执行价格为 800 美元，无风险利率为 5%，波动率为 20%，期权期限为 2 年，计算得出的期权价格为 81.41 美元，v_2 的价值为 8 141 万美元。

违约预期费用为

$$u_1v_1+u_2v_2=0.014\times57.66+0.021\times81.41=2.52$$

即 252 万美元，这一例子可以被推广到矿业公司违约时间更为频繁的情形（见作业题 15.15）。

在这里的分析中，我们假设违约概率与衍生产品的价格无关。当衍生产品只占交易对手交易组合的一小部分，或者交易对手将衍生产品用于对冲策略时，这一假设是合理的。当交易对手进入一个大额度的衍生产品交易的目标是为了投机，金融机构应该警惕，当衍生产品对于交易对手来讲产生了较大的负价值（对于金融机构而言有一个较大的正价值）时，对手违约的可能性会比处在相反情形时大得多。

金融机构的交易员用术语正向风险（right-way risk）来描述当交易对手违约时，衍生产品具有 0 或者较小的正价值的情形；错向风险（wrong-way risk）来描述当交易对手违约时，衍生产品具有较大的正价值的情形。

15.1.3 利率互换与货币互换的比较

违约对利率互换的影响要远远小于对货币互换的影响，图 15-2 显示了造成这种现象的原因，在这一图形中我们将利率互换的预期风险暴露头寸与货币互换的预期风险暴露头寸进行了比较。利率互换预期头寸起始为 0，风险暴露的数量随着期限而增加，增长到一定程度后会逐渐减小到 0；与此相比，货币互换的预期暴露头寸随时间推移而逐步增长[㊀]。造成利率互换预期暴露与货币互换预期暴露差异的根本原因是货币互换合约在到期时的本金互换以及在这一时刻汇率的不定性[㊁]。

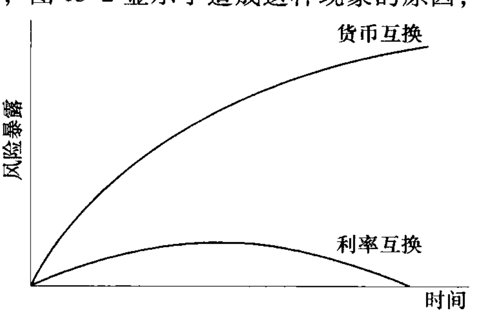


图 15-2 利率互换与货币互换的预期风险暴露的比较

15.1.4 违约风险的两面性

第 3 种情形（即衍生产品既有可能是资产也可能是负债的情形）下的合约在违约时具有两面性，这一点耐人寻味。例如，当公司 X 与公司 Y 之间鉴定货币互换合约后，在合约中 Y 违约可能会给 X 带来损失，反之亦然。大多数金融及非金融公司认为自身没有破产的可能，这可能是由于人类自身的本性，因此，在交易中，所有公司对于交易对手破产的可能都希望得到补偿，在我们

㊀ 预期头寸影响式（15-1）中的 v_i，但两种互换合约中的 u_i 为等同。

㊁ 在最后不交换本金的货币互换在近年来变得越来越普遍，这种互换的信用风险以及市场风险比传统的货币互换要低。

的实例中，公司 X 希望对于公司 Y 的破产可能性得到补偿，而公司 Y 希望对于公司 X 的破产可能性也得到补偿，除非 X 和 Y 的信用都很好，否则 X 和 Y 之间很难进行交易。

理论上，对于公司 X，货币互换的价格为

$$f - y + x$$

式中，f 为双方均不会违约时货币互换的价格；y 是对公司 Y 的违约可能进行的调整；x 是对公司 X 的违约可能进行的调整。同样对于公司 Y 来讲货币互换价格为

$$-f - x + y$$

在实践中，公司 X 所计算的合约价格可能是 $f - y$，而公司 Y 所计算的合约价格可能是 $-f - x$，除非 x 及 y 都很小，否则公司之间对于价格的认识很难达成一致。

接下来让我们继续讨论货币互换实例，假定货币互换所对应的国内及国外利率相等，公司 X 及公司 Y 有同样的信用等级，此时货币互换具有对称性，也就是说这笔交易无论是对于 X 或 Y 在将来都可能会带来等同的价值，这时 $x = y$，在理论上讲，双方对于信用风险都不应该进行任何调整。

15.2　信用风险的缓解

在许多情形下，我们以上的分析夸大了衍生产品交易中的信用风险，这是因为在衍生产品交易中可以设定不同形式的条款以使得信用风险得到缓解。

15.2.1　净额结算

我们在 11.5 节曾对净额结算（netting）的概念有过讨论，在同所有的交易对手之间，银行均会持有一个涉及交易条款的标准合约，在标准合约中设定净额结算条款是为了保证如果某交易对手对某笔合同违约，那么该交易对手必须对其他合同也违约。这种净额结算处理方式被大多数国家的法庭认可，能很有效地减低金融机构的信用风险。

如 11.5 节所述，在没有净额结算的前提下，一个交易组合所带来的违约风险暴露等同于一个期权的组合；在设定净额结算的前提下，一个交易组合所带来的违约风险暴露等同于关于一个组合的期权。设定净额结算后得出的风险暴露永远小于或等于没有净额结算所对应的风险暴露。我们可以将前一节中的分析进行推广，并使得在实施净额结算后式（15-1）的结果等于某交易对手违约而造成的预期亏损。在推广过程中我们只需要定义方程中的 v_i 为某衍生产品的现值，而这衍生产品在 t_i 的回报等于与交易对手的合约在 t_i 的市价的总和。

在考虑是否与交易对手进行某笔新交易时，一个金融机构头痛的问题是计算新交易对预期信用损失的叠加效应。我们可以利用式（15-1）进行计算，在计算过程中我们可以考虑包含或不包含新合约的两种情形，但计算会花很多时间，当交易员需要迅速判断是否进行某个交易时，这一做法可能不可接受。如果我们采用蒙特卡罗方法（也许计算是在周末进行）来计算关于交易对手的预期违约费用，每次模拟抽样所对应的结果可以被储存下来，当对一个新交易进行评估时，我们只须对新交易进行计算。有趣的是，净额结算有时会使得新合约对于预期违约损失的叠加效应为负，这种情形往往发生在新合约与现存的合约价格高度负相关性的情形。

人们可能会认为在一个发展完善的资本市场，公司在进入某衍生产品合约时会从不同交易商处得到相同的报价，净额结算的机制说明情况并非如此，公司往往会在以前曾做过交易的金融公司那里拿到最好的报价，尤其是当新交易能降低某金融公司的信用风险暴露时，情况更是如此。

15.2.2 抵押品

另外一种缓解信用风险的方法是抵押品条款。假定，某公司与某金融机构之间有一系列交易，一种典型抵押品条款约定交易双方必须以一定的方式对交易合约定期定价，对金融机构而言，如果合约的价格在某时刻超出一定的界限，公司必须向金融机构支付抵押品，由公司所提供的抵押品的价值与现存抵押品的总和等于合约的价值（对金融机构而言）与设定界限的差。当合约价格的走向对于公司有利时，即合约价格与设定界限的差小于注入抵押品的价格时，公司可以收回抵押品。当公司违约时，金融机构可以没收抵押品，如果公司不能及时注入抵押品，金融机构可以对交易进行平仓。长期资本管理基金（Long Term Capital Management）在其交易合约中大量采用了抵押品条款（见业界事例15-1）。

业界事例 15-1

长期资本管理基金的巨大损失

1990年成立的对冲基金公司长期资本管理基金（Long Term Capital Management，LTCM）在其交易中一直采用抵押品条款，这家对冲基金公司的投资策略为收敛套利（convergence arbitrage）策略。这一策略的简单例子如下，假如X及Y是同一家公司发行的两个债券，X及Y具有相同的回报，但X的流通性比Y要差（X的交易没有Y活跃），市场对于好的流通性给予一定的补偿，因此X的价格比Y要低一些。LTCM在交易中首先对X持长头寸，并对Y持短头寸，之后LTCM等待在将来某个时刻两个债券的价格趋向一致，这样LTCM可能达到套利的目的。

当利率增长时，LTCM预计债券价格下降的数量基本相同，因此对于X债券付出的抵押品与Y债券收入的抵押品基本相同；类似地，当利率下降时，LTCM预计债券价格上涨的数量也会基本相同，因此此时因抵押条约造成的资金外流不应该很大。

在1998年8月，俄罗斯对自身国债违约，因此造成了资本市场的择优而栖（flight to quality）现象，这一现象造成流通性好的产品价格与流通性差的产品价格的差价比平时要高得多，因此LTCM投资组合中流动性好的产品与流动性差的产品的差价急剧增大，LTCM买入债券的价格大幅下降，而LTCM卖出债券的价格急剧增长，这时LTCM无论对长头寸还是短头寸交易都必须注入抵押品，公司的财务又处于高杠杆状态（高负债比率），此时LTCM不能满足抵押品的要求，LTCM必须对交易进行平仓，这给LTCM造成了40亿美元的损失，假如财务并不处于高杠杆状态的话，LTCM也许能够承受择仕而栖带来的压力，这样公司就有机会等到流动性好的产品价格和流动性差的产品价格趋向一致。

假如，对于某公司，金融机构设定的无抵押界定范围（threshold level）为1 000万美元，为了计算抵押品数量，金融机构对合约每天都要进行定价。假如在某天，对于金融机构而言合约价值为1 050万美元，金融机构可以要求公司注入价值为50万美元的抵押品，假定在第2天，合约的价格增至1 140万美元，金融机构可以再要求公司注入90万美元的抵押品，假如在后来一天的价格降为1 080万美元，公司可以要求银行归还价值为60万美元的抵押品。注意金融公司的界定范围（此例中为1 000万美元）可以认为是金融公司给公司设定的贷款额度。

公司支付给金融机构的抵押品必须是现金或某种可接受的金融产品，例如债券。对于现金形式的抵押品，金融机构需要支付利息，而对于其他形式的抵押品，金融机构会对其市价打折

（haircut）来计算抵押品的市场价值。

如果抵押品条款为双向条款，也就是说对于金融机构，公司也设定某种范围，公司也可以在合约价格（对于公司而言）超出界定范围时，要求金融机构支付抵押品。

抵押品制度对于可能的违约提供了强有力的保护（这与第5章中讨论的保证金账户对市场交易人提供的保护类似）。但是，在以上讨论的界定范围的数量并没有任何保护。再有，即使界定范围为0，这里所采用的保护措施也不一定会使得交易得到全面保护。当某家公司财务出现困难时，公司会对金融机构提出的抵押品要求不予理睬，当交易对手行使权力对交易进行平仓时，交易合约的市场价格也许已变得对交易对手更加有利。

15.2.3 降级触发

另外一个被金融机构常常采用的缓解信用风险的方法是降级触发（downgrade trigger）策略，这一策略是指当交易对手的信用评级低于一定水平时，例如Baa级时，金融机构有权力将所有的交易平仓，通常来讲，金融机构会选择那些对自身而言价格为正，对对手而言价格为负的交易进行平仓。

如果公司被跳跃性降级（例如由A级直接降至违约），降级触发条款对金融机构并不能提供保护；另外如果降级触发条款只在有限范围使用，这一条款可能会更加有效。假如一家公司与许多交易对手都设定信用降级触发条约，这时条约带给交易对手（即金融机构）的保护将会十分有限（见业界事例15-2）。

业界事例15-2

降级触发与安然公司的破产

在2001年12月美国最大公司之一的安然公司宣布破产，直到安然破产前几天，安然公司的信用评级仍然是投资级，穆迪对安然在破产前的最后评级为Baa3，而标准普尔的评级为BBB-，股票市场对安然的破产有很好的预测。在安然破产之前的一段时间，安然的股票价格急剧下跌，14.6节所讨论的模型对安然违约概率的预测在这一段时间急剧增长。

安然与交易对手进行的大量衍生产品交易中都设定了降级触发条约，这些降级触发条约阐明，当安然的信用评级低于投资级（即Baa3/BBB-）时，交易对手有权对交易进行平仓。假定安然的信用级别在2001年10月只是得到降级而不是破产，安然的交易对手选择的平仓交易一定是那些对安然有负价值的交易（对交易对手而言具有正价值），因此安然公司要向交易对手付出大量的费用，安然这时肯定没有能力付出这一大笔费用，因此无论如何破产也会很快发生。

这一实例显示，降级触发条款只有在没有被滥用时才会有效，如果一个公司跟大量对手签有降级触发条款，可能会加速公司的破产速度。对于安然公司的情形，我们也许会说安然公司注定会破产，所以将破产进程提速两个月不会带来太多的危害。事实上，安然公司在2001年10月有一次生存机会，另外一个能源公司Dynergy曾试图找出方法抢救安然，在2001年10月，无论是安然的股东还是贷款人都不希望安然破产。

信用评级公司发现它们自己处在比较尴尬的位置，它们如果将安然降级以正确反映安然的财务窘态，这无疑是将安然立即判以死刑；如果它们不这样做，就会给安然带来一线生机。

15.3 信用风险价值度

信用风险价值度的定义与市场风险价值度类似。例如，一年展望期的99.9% VaR等于在今后一年时在99.9%的置信度下信用损失所不能超出的数量，在市场风险中的展望期通常是介于一天与一个月之间，而对于信用风险，展望期会更长，较为常用的展望期为一年。

如第11章所述，银行对于监管资本金中信用VaR的计算并没有完全的自由（在内部评级法中，银行可以采用自身对违约概率和某些其他参数的估计，但他们必须采用高斯Copula模型，并且必须采用巴塞尔协议中的相关性参数）。然而，银行对计算经济资本金的模型有完全的自由（如第21章所述，经济资本金是银行对自身应持资本金的估计），同时，银行在计算交易账户上的与信用风险有关产品的信用VaR，并以此确定特定风险资本金（specific risk charge）时，有一定的自主权（见11.6节），虽然监管当局对确定特定风险提出了一套标准规则，但银行在监管当局批准的前提下，可以采用自己的模型。对模型进行审批时，银行监管人员对银行关于集中风险（concentration risk）、溢差风险、信用降级风险、违约风险的处理必须满意，置信区间和时间展望期的选取与市场风险一致（即99%和10天），特定风险资本金等于乘数因子乘以计算出的VaR，这里乘数因子的最小取值为4。另外一个关于监管信用风险的VaR计算是新增风险资本金（incremental risk charge，见11.12节），在计算中银行具有一定的自由度，在计算中选用的展望区间为1年，置信度为99%，计算结果要体现违约、降级、溢差增加及流动性损失对交易账户中一些产品的影响。

15.4 Vasicek模型和默顿模型

10.5节及11.8节中讨论的Vasicek模型是估测贷款组合的信用VaR的一个简单方法，由式（10-12)我们得出，一个大的交易组合在时间T，违约损失占整体交易组合的比率小于

$$\mathrm{WCDR}(T,X) = N\left(\frac{N^{-1}[Q(T)] + \sqrt{\rho}N^{-1}(X)}{\sqrt{1-\rho}}\right)$$

的概率为X，其中$Q(T)$为截止到时间T每一笔贷款的累积违约概率，ρ为Copula相关系数。将以上数量乘以贷款的平均暴露程度以及平均违约损失，我们就可以得出展望期为T年的对应X置信水平的信用VaR。如第11章讨论的那样，巴塞尔委员会要求在采用这个内部评级模型来计算银行账户中的信用风险资本金时，展望期T为一年，置信水平X为99.9%，ρ的值由巴塞尔委员会来确定，表11-5显示了在99.9%的置信区间下，在一定平均违约概率和ρ的情况下，最糟糕情形的违约率（worst-case proability of default，WCDR）。

一个关键的决定是如何选择ρ，对于银行账户，《新巴塞尔协议》定出了计算监管资本金时ρ的取值，对于一个企业债券（贷款）组合的违约进行模拟时，通过采用第14.8节所描述的结构模型（structural model)，我们可以说明，ρ大体应等于资产间的相关性，作为近似，我们可以将ρ设定为股票价格之间的相关性。对于涉及多家公司组合的ρ的确定，我们可以通过计算公司股票价格相关性的平均值来实现，如果某家公司并不是上市公司，我们可以选取一定数量的上市公司的数据作为代表，并由此来计算相关性的平均值。关于零售和其他头寸，从理论上讲，我们可以通过历史数据来确定ρ，但这样做，模型会有局限性。例如，假定我们观察到一年的平均违约率为1%，10年中有1年违约率大于3%，这时，我们不能得出与这些观察值相符的参数ρ，我们必须采用关于违约时间的其他单因子高斯Copula模型来处理这一情形，并保

证与观察数据的一致性[一]。

另外一种检验资产组合信用风险的方法是利用默顿模型，在14.8节我们对这一模型进行了描述。在默顿模型中，资产价格服从一个随机过程，当资产价格在某个时间 T 低于一定的障碍水平（理论负债量）时，违约发生[二]。

为了对资产组合的违约风险进行评估，我们需要采用一个适应于多个公司的默顿模型，在模型中，不同公司的资产假定服从具有相关性的随机过程，对每个公司均设定一个障碍，当公司资产价值低于障碍值时，违约发生。穆迪的KMV模型采用这一做法，并与因子模型结合，建立了驱动资产价格并具有相关性的随机过程（见10.3节关于因子模型的讨论）。Vasicek模型可以被看做是关于多公司的默顿模型的单因子特殊形式。

15.5 Credit Risk Plus

在1997年，瑞士信贷（Credit Suisse）金融产品小组开发了一个计算信用VaR的模型，这一模型被命名为Credit Risk Plus[三]，这一模型是基于保险行业中一种较为成熟的想法，我们接下来对Credit Risk Plus给出一些简单解释。

假定一个金融机构有 N 个不同形式的交易对手，每一个交易对手在时间 T 的违约概率为 p，整个交易组合违约数量的期望值为 $\mu = Np$，假定违约事件之间相互独立，p 的值较小，交易对手中有 n 个违约的概率由以下泊松分布（Poisson distribution）给出：

$$\frac{e^{-\mu}\mu^n}{n!}$$

这一关系式与单一交易对手的违约损失结合在一起（考虑净额结算）就可以得出由交易对手违约而产生的损失概率分布，我们通过检测风险暴露的当前概率分布以及对历史回收率进行调节来估算单一交易对手的损失概率分布。

在实践中，金融机构有必要考虑几种不同类型的交易对手，这意味着我们在实施模型中，必须对不同类型的交易对手都要进行计算，然后再将计算结果进行汇总。

另外一个复杂之处在于违约率每年都有所不同，如同以前讨论的那样，穆迪的数据显示对应投机级的债券，1970～2007年，违约概率由1979年的最低0.418%，到2001年的最高9.978 9%之间变化，为了体现这一点，我们可以针对不同类型的对手，对于每年的违约率，我们采用一个概率分布。另一种方法是对于整体违约率，假定一个概率分布（也许是从评级公司的数据得出），然后假定每个对手的违约率与以上的违约率呈一定比例，例如，一个交易对手的违约率可以被假定为整体违约率的70%；而另外一个交易对手的违约率可以被假定为整体违约率的120%，等等。

评级公司的数据显示一年的违约率与前一年的违约率并不独立，将这一性质考虑在内的处理方法是将所有违约数据应用于一个自回归模型（autoregressive model）中。

瑞士信贷金融产品小组演示，在一定假设之下，整体损失的概率分布可被表达成某种解析形式。对于更一般的假设我们可以采用蒙特卡罗模拟法，模拟过程如下：

- 在整体违约率中进行抽样；
- 对于各种类型的交易对手计算违约概率；

[一] 在讨论CDO定价时，Hull和White说明了我们通过选取式（10-9）中不同的，并服从非正态分布的 F 和 Z_i 来得出不同的模型。见J. Hull and A. White，“Valuation of CDO and *n*th to Default CDS Without Monte Carlo Simulation,” *Journal of Derivatives*，12，2（Winter 2004），8－23。

[二] 如14.8节所述，基本默顿模型在几个方面得以推广。

[三] 见瑞士信贷金融产品小组的报告，“*Credit Risk Management Framework*”，October，1997。

- 对于各种类型交易对手中的违约进行抽样；
- 对于每一个违约损失进行抽样；
- 计算整体损失；
- 重复以上 1 ~ 5 步的计算，来求得整体损失的概率分布；
- 由整体概率分布来计算所求的 VaR。

如果假定每一年的违约损失相同，不同公司之间将没有违约相关性，损失概率也将大致呈对称分布。以上所描述的对于违约率的概率分布假设是为了建立违约相关性，这种做法会使得整体违约损失分布呈现图 15-3 所示的正偏性（positively skewed），违约相关性的出现是因为当抽样违约率较高（较低）时，所有的公司会具有较高（较低）的违约率。

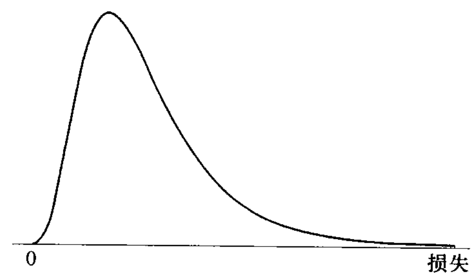


图 15-3 违约损失概率分布

以上所述的模型假设所有的违约均源于单个因子，这个假设可以被推广到多因子驱动违约率的情形。

15.6 CreditMetrics

Credit Risk Plus 所估测的损失概率分布直接起源于违约。另外一种引人注目的方法是 CreditMetrics，这一模型所估算的概率分布包括由于降级和违约所触发的损失（前面我们曾指出，监管部门希望银行为交易账户开发的模型能够反映由降级和违约而造成的不同损失）。

CredidMetrics 最先由 J. P. 摩根在 1997 年提出，这一模型基于某种信用转移分析，这里的信用转移是指对应于某个指定的时间区间，处在某种信用等级的公司的信用会转化为另外一种等级的可能性。表 15-1 显示了一个典型的一年的信用转移矩阵（rating transition matrix），这一矩阵显示一个债券在一年时间内，由某种信用级别转变为另一种信用级别的概率。例如，一个当前信用级别为 A 的债券有 90.23% 的可能在第 1 年年底的信用级别仍为 A 级，这一债券有 0.08% 的可能在第 1 年违约，有 0.11% 的可能在第 1 年降级为 B 级债券，等等。

表 15-1 一年的信用转移矩阵，概率以%计，
对没有评级的公司（without-rating，WR）没有进行任何调整。 （%）

初始信用	在年终时的信用评级								
评级	Aaa	Aa	A	Baa	Ba	B	Caa	Ca-C	违约
Aaa	93.37	7.59	0.85	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Aa	1.29	90.84	6.85	0.73	0.19	0.04	0.00	0.00	0.07
A	0.09	3.10	90.23	5.62	0.74	0.11	0.02	0.01	0.08
Baa	0.05	0.34	4.94	87.79	5.54	0.84	0.17	0.02	0.32
Ba	0.01	0.09	0.54	6.62	82.76	7.80	0.63	0.06	1.49
B	0.01	0.06	0.20	0.73	7.10	81.24	5.64	0.57	4.45
Caa	0.00	0.03	0.04	0.24	1.04	9.59	71.50	3.97	13.58
Ca-C	0.00	0.00	0.14	0.00	0.55	3.76	8.41	64.19	22.96
违约	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

资料来源：穆迪报告。

有趣的是，当 CreditMetrics 及 Credit Risk Plus 模型均基于同样的假设前提下，对于一个较长的展望期，这两种模型所预测的损失分布基本相同，两种模型的不同之处在于损失发生的时间。例如，假定在你的交易组合中包含某种债券，在第 1 年债券由 A 级降为 BBB；在第 2 年债券由 BBB 降为 B；在第 3 年债券违约，你可以假定在第 1 年及第 2 年都没有损失，在第 3 年会产生违约损

失，换一种做法，假定在第1年、第2年及第3年都会因价格变化产生损失（CreaditMetrics 的做法）。第2种做法所产生的损失总和应该和第1种做法所计算出来的损失相等。

在 CreditMetrics 的实施中有两个重要环节，第一个重要环节是关于债券之间相关性的处理，另外一个重要环节是在一年后对债券定价时如何选取信用溢差。

15.6.1 CreditMetrics 相关性模型

在测定信用损失的抽样过程中，对于不同交易对手的信用变化不应该假设为相互独立，高斯 Copula 模型可以用来构造信用变化的联合概率分布（见10.4节有关 Copula 模型的讨论），两个公司信用转移的 Copula 相关性一般被设定为等于股票回报的相关性，这里的股票回报是由类似10.3节所讨论的因子模型来确定。

为了说明 CreditMetrics 模型，假定我们对一个A级债券及一个B级债券进行模拟，模拟中采用的信用转移矩阵如表15-1所示，假如两公司股票回报的相关性为0.2，在每一个抽样过程中，我们对于两个服从标准正态分布的变量 x_A 及 x_B 进行抽样，并保证 x_A 及 x_B 的相关性为0.2，变量 x_A 决定A级公司的新的信用等级，变量 x_B 决定B级公司新的信用等级，因为

$$N^{-1}(0.0009) = -3.1214$$

$$N^{-1}(0.0009 + 0.0310) = -1.8536$$

$$N^{-1}(0.0009 + 0.0310 + 0.9023) = 1.5078$$

在 $x_A < -3.1214$ 时，A级公司信用级别上升为Aaa级；当 $-3.1214 < x_A < -1.8536$ 时，A级公司信用级别变为Aa；当 $-1.8536 < x_A < 1.5078$ 时，A级公司级别保持不变；依此类推。类似地，因为

$$N^{-1}(0.0001) = -3.7190$$

$$N^{-1}(0.0001 + 0.0006) = -3.1947$$

$$N^{-1}(0.0001 + 0.0006 + 0.0020) = -2.7822$$

当 $x_B < -3.7190$ 时，B级公司信用上升为Aaa；当 $-3.7190 < x_B < -3.1947$ 时，B级公司信用级别变为Aa；当 $-3.1947 < x_B < -2.7822$ 时，B级公司信用级别变为A；等等。A级公司在 $x_A > N^{-1}(0.9992)$ 时违约，这对应于 $x_A > 3.1559$；B级公司在 $x_B > N^{-1}(0.9555)$ 时违约，这对应于 $x_B > 1.7007$。图15-4是此例的图形显示。

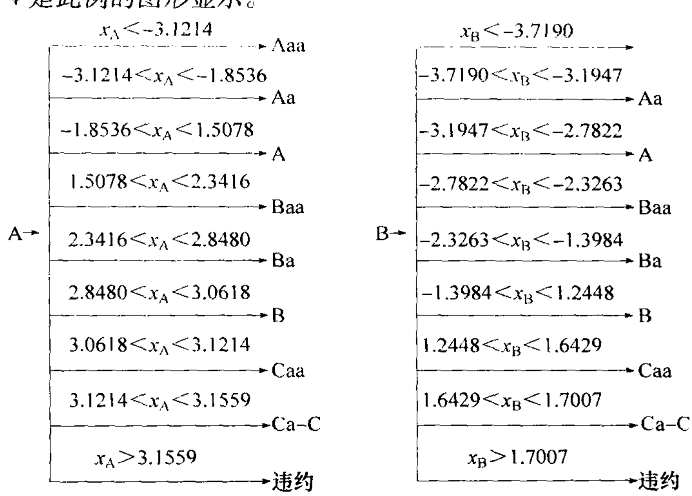


图15-4　CreditMetrics 相关性模型

注：图显示一个A级公司和一个B级公司在一年后信用转移的可能，图中 x_A 及 x_B 分别服从标准正态分布，其相关性等于A级公司及B级公司股票回报的相关性。

15.6.2 溢差的变化

在每一次模拟抽样中，为了对债券重新定价，我们需要计算溢差的变化，一种计算溢差的方式是采用单因子回归模型。在单因子回归模型中，每个债券的溢差都被分解为系统部分及非系统特殊部分，系统部分是影响在某个特定的信用等级下的所有债券，非系统部分只影响单一债券的溢差。

溢差的系统风险部分被包含在市场风险 VaR 之中，我们接下来要计算的特殊风险 VaR 应反映非系统部分的风险，在每一次抽样中，我们不但需要计算债券信用等级的变化，而且还需要计算价券差价中的特殊部分的变化，在每一次模拟抽样中，任何一个债券的信用等级变化可能是以下 3 种情形之一：

- 债券的信用等级保持不变，在这种情形，债券在重新定价时所采用的溢差只应该包含债券差价特殊部分的变化。
- 债券的信用等级有所变化，在这种情形，债券在重新定价时所采用的溢差应该对应于新的信用等级的溢差。
- 债券违约，在这种情形，我们要对回收率进行模拟抽样，在计算中我们常常假定回收率服从贝塔分布，这里的贝塔分布的中心等于信用评级公司所公布的回收率平均值（见表 14-2）。

15.6.3 时间展望期

监管机构要求银行在计算特殊风险时采用 10 天展望期的 99% VaR，在模型实施过程中，银行有两种选择，第一种选择是用以前描述的方式计算一年展望期的 99% VaR，然后再采用平方根规则（square-root rule）将展望期调节为 10 天，我们假定一年（大约）有 250 天，这意味着我们计算出的一年展望期的 VaR 需要被 5 除；第二种选择是将表 15-1 的一年转移矩阵变换为 10 天的转移矩阵，然后再采用以上所描述的方式来直接计算 10 天展望期的损益分布，假定在每一个相邻的时间区间，信用等级变化相互独立。在第二种选择中会涉及求解矩阵 $\boldsymbol{B}$ 以使得以下等式成立

$$\boldsymbol{B}^{25} = \boldsymbol{A}$$

式中，$\boldsymbol{A}$ 为表 15-1 中的矩阵，在本书最后的附录 E 中，我们给出了以上方程求解的过程。

15.7 小结

一个贷款的信用风险与违约概率及回收率（或等价的违约损失）有关，一个衍生产品的信用风险要比贷款中的信用风险更为复杂，这是因为违约损失量的不定性。某些衍生产品（期权合约）对于用户来讲永远是债务，这种衍生产品不具备任何信用风险，某些产品（例如买入期权）对用户来讲永远是资产，在这种产品中交易对手违约会触发很大的信用风险。从信用风险的角度来讲，最难以管理的衍生产品是那些在期限内既可能是资产也可能是负债的产品，这种产品的例子包括远期合约及互换交易等。

场外市场已经开发出几种方式来缓解信用风险，其中最重要的方法是净额结算。在净额结算条款中金融机构阐明如果交易对手对某个交易违约，那么交易对手必须对其他交易也同时违约；另外一种缓解信用风险的方式是抵押品条款，在这一制度中交易对手必须支付抵押品，当衍生产品价格走向不利于交易对手时，交易对手必须支付更多的抵押品，如果交易对手不能及时支付抵押品，金融机构有权以事先约定的定价方式对交易进行平仓；第 3 种用于缓解信用风险的方式是降级触发，在这一方式中当交易对手的信用低于一定水平时，金融机构有权对交易进行平仓。

信用 VaR 的定义与市场 VaR 的定义相似。信用 VaR 是指交易组合在一定展望期内，在一定把握程度下信用损失所不能超出的数量。《新巴塞尔协议》IRB 方法对于银行账户中信用风险 VaR 的计算采用了 Vasicek 最先提出的单因子高斯 Copula 违约时间模型。1997 年瑞士信贷金融产品小组开发了类似的保险模型，这种被称为 Credit Risk Plus 的模型可用来计算信用风险的 VaR，对于交易账户中的特定风险计算，许多大银行采用 1997 年由 J. P. 摩根提出的 CreditMetrics 模型，CreditMetrics 在计算中会涉及模拟公司信用的变化，对公司之间信用关联的处理，CreditMetics 采用了关于信用变化的高斯 Copula 模型。

推荐阅读

Credit Suisse Financial Products, "Credit Risk Management Framework," October, 1997.

Finger, C. C., "The One- Factor CreditMetrics Model in the New Basel Capital Accord," *RiskMetrics Journal*, Summer 2001.

J. P. Morgan, "CreditMetrics- Technical Document," April, 1997.

练习题

15.1 某银行已经与某一交易对手有一笔交易，请解释为什么与同一交易对手进行另一笔交易有可能会增加也有可能会减小对于这一交易对手的信用风险。

15.2 抵押品中“折扣”（haircut）的含义是什么？假如一家公司将自己的股票作为抵押品，你会做出如何反应？

15.3 从以下几个角度解释 Credit Risk Plus 及 CreditMetrics 的不同：（a）信用损失发生的时间；（b）违约相关性的模拟方式。

15.4 假定某金融机构与交易对手 X 之间有一个与英镑利率有关的利率互换交易，同时与交易对手 Y 之间有一个方向完全相反但其他变量完全一致的利率互换交易，以下观点哪一个为正确观点，哪一个为错误观点：（a）违约费用的总贴现值等于与 X 交易的违约费用的总贴现值加上与 Y 交易的违约费用的总贴现值；（b）在一年时，两交易叠加的预期暴露头寸等于与 X 交易的预期暴露头寸加上与 Y 交易的预期暴露头寸；（c）两交易叠加以后在一年时风险暴露头寸所对应的 95% 置信区间的上限等于一年时与 X 交易风险暴露头寸的 95% 置信区间的上限加上一年时与 Y 交易风险暴露头寸的 95% 置信区间的上限。请对该回答做出解释。

15.5 某公司进入了一远期合约，合约约定这家公司在一年后必须以 150 澳元（AUD）的价格卖出 100 美元（USD），合约在开始时为平值，换一句话说远期合约的汇率为 1.5。一年的美元利率为每年 5%，交易对手借入期限为一年的美元的利率为每年 6%，汇率的波动率为每年 12%，请估计违约费用的贴现值，在这里假设违约仅仅发生在合约的到期日。

15.6 假定在练习题 15.5 中，6 个月远期汇率也是 1.5，并且 6 个月美元的无风险利率也是每年 5%，交易期限为 6 个月美元的利率为每年 5.5%，请估计违约费用的贴现值。这里假定违约既可能发生在 6 个月，也可能发生在 1 年（假如违约发生在 1 个月，违约给公司造成的损失为合约的市场价值）。

15.7 “远期合约长头寸的信用风险暴露等于一个无违约风险看跌期权与一个有违约风险看涨期权的信用风险暴露的总和”，请解释这一观点。

15.8 请解释为什么对于不同交易对手，两个相反方向的远期交易与一个跨式（straddle）组合交易非常接近。

15.9 “当一家银行在商谈两个相反方向的货币

互换时，银行应尽量确保低收入利率的币种是来自于信用较差的交易对手”，请解释这是为什么。

15.10 假定某家企业的3年期的零息债券与无风险零息国债的溢差为1%，这家企业卖出的由 Black-Scholes 定价的标准期权的价格被高估了多少？

15.11 降级触发条款会增大违约风险吗？解释你的答案。

作业题

15.12 请仔细解释真实世界概率与风险中性世界概率的不同，这两个概率哪个会更高一些？某银行进入一个信用衍生产品合约，合约约定如果某公司的信用从 A 降为 Baa 或更低时，银行支付100美元，一年的无风险利率为5%，采用表15-1来估计衍生产品的价格，在计算中你需要什么样的假设？你对衍生产品的价格高估了还是低估了？

15.13 假定某银行有一价值1 000万美元的风险暴露，一年的违约概率为1%，回收率为40%，Copula 相关系数为0.2，请估计一年展望期的99.5%信用 VaR。

15.14 我们考虑某欧式期权，期权基础资产为某零息股票，股票的价格为52美元，期权行使价格为50美元，无风险利率为5%，波动率为30%，期权期限为1年，请问：(a) 假定无违约风险，期权价值为多少？(b) 假定期权承约商在期权到期时有2%的违约概率，期权的价格为多少？(c) 假如与其在期权开始时付费，期权买入方选择在期权到期时付费，假定期权承约人在期权到期时有2%的违约概率，以上期权费用付款时间的改变将如何影响违约费用的计算？(d) 假如在 (c) 中期权买入方有1%的违约概率，这对期权卖出方的风险是什么？请讨论这一情形下违约的两面性，对于交易双方期权的价格分别为多少。

15.15 对例15-2进行推广，假定违约在每个月的月末均会发生。在计算中，假定违约第1年在每个月发生的概率均为0.001 67，违约第2年在每个月发生的概率均为0.002 5。利用 DerivaGem 软件的应用程序来计算。

CHAPTER 16

第 16 章

资产抵押证券、债务抵押债券及2007年信用紧缩

从2007年开始，美国经历了自20世纪30年代以来最严重的金融危机，这场危机非常迅速地由美国向世界其他地区，以及由金融市场向实体经济蔓延，危机不但造成了许多金融机构破产，而且还迫使许多其他金融机构纷纷寻求本国政府的救助。21世纪第一个10年对金融机构而言是灾难性的，金融机构的风险管理实践正在遭到多方面的批评。

本章我们将讨论危机的根源，并将说明问题究竟出在哪里，以及为什么会出现这样的问题。在本章，我们还将讨论今后我们应该怎样才能避免出现类似的危机。通过本章的讨论，我们将了解美国的按揭市场、资产抵押债券以及CDO等产品。

16.1 美国住房市场

要讨论2007年的信用紧缩，我们应当从美国住房市场谈起。表16-1展示了从1987年1月至2008年11月的标准普尔10城市房价Case-Shiller指数。大约从2000年开始，房屋价格的增长速度远远超过了前一个10年同期的增长速度。2002～2005年的低利率是造成价格增长的另一个重要原因，但住房市场价格泡沫形成的原因主要是房屋贷款政策的松懈。

2000～2006年，美国按揭市场的一个显著特点是次级按揭贷款激增。次级按揭贷款的风险明显要高于按揭贷款的平均风险。2000年以前，大部分被分类为次级的按揭贷款是借款人的第二个按揭（second mortgage），但在2000年以后，金融机构逐渐接受了第一按揭次级贷款（subprime first mortgage）这一名词，自此，第一按揭次级贷款变得普遍。

16.1.1 借贷标准的降低

从2000年开始，房屋贷款商纷纷开始降低贷款标准，对那些信用不够好、没有资格取得贷款的家庭而言，这时候购买住房也成了现实。而这些家庭的存在，增加了市场对房屋的需求，因此

房价开始上涨。对贷款经纪人和贷款商而言，房屋价格上升以及大量的借贷需求无疑是个好消息，更多的借贷意味着更大的盈利，并且房屋价格的上涨意味着贷款会有很好的抵押品，即使贷款人（即借入贷款者）违约，由违约所引起的取消抵押品赎回权事件（foreclousure）也不会造成损失。

贷款经纪与贷款商如何保持盈利的增长呢？他们所面临的问题是随着房屋价格的上升，首次买房的购房者越来越难以承担高房价，怎样才能持续性地吸引新客户呢？贷款经纪及贷款商必须设法进一步降低贷款标准，果不其然，他们就这样做了，贷款标准降低的结果是贷款面额与房屋价值的比例提高了，这时市场开发出了可调整利率抵押贷款（adjustable rate mortgages，ARM），在这一产品中，最初的前期优惠利率（“teaser” rate）很低，这一低利率会延续 2 ~ 3 年，而随后的利率可能会很高[㊀]。一个典型的前期优惠利率为 6%，而在优惠利率期结束后，利率会被调整为 LIBOR + 6%[㊁]。但是，市场上也有过 1% 或 2% 的低优惠利率的报道，在此期间，贷款商在审查贷款申请时也变得越来越漫不经心，以至于他们常常对申请贷款人的收入及其他有关信息都没有仔细审查。

为什么政府没有对贷款商的行为进行谨慎管理呢？答案是：自 20 世纪 90 年代开始，美国政府一直致力于扩大住房拥有率，并常常对贷款商施压来使其加大对中低收入群体的贷款力度。有些州际的立法人（例如，俄亥俄州和佐治亚州）曾表示对贷款现状的忧虑，并且试图通过立法来抑制掠夺性贷款（predatory lending）现象[㊂]，但是法院认定，全美的贷款标准应具有优先权。

信用紧缩之前，市场上有一系列的术语用于描述按揭发放过程，其中一个术语为“骗子贷款（liar loan）”，这一术语是描述按揭贷款申请人知道贷款申请过程中不会进行背景调查，因此在申请表上撒谎的行为。另外一个描述借贷人的术语为“NINJA(没有收入、没有工作、没有资产的缩写)”。在这里我们引用 Krinsman(2007) 的言论[㊃]，“在 2005 年和 2006 年，贷款商可以帮助贷款人更加容易地获得次级按揭贷款。例如，一个典型的次债贷款人信用得分（FICO）为 450 ~ 680 分，他可以在支付很少的初始付款，甚至不支付任何初始付款的情况下而取得贷款，并且在审查过程中提供很少甚至可以不提供任何关于收入与财产的文件证明，贷款的初始优惠利率很低，在 2 ~ 3 年后会重新设定为较高的利率……”（贷款人的 FICO 分数低于 620 分时，相应的贷款一般被称为次债，但当初始付款较低时，680 分有时也用于次债的分界线）。有些人认识到按揭贷款具有风险，但是，ABS 和 ABS CDO 市场的价格显示，2007 年以前，这些风险程度及其潜在影响并没有得到充分认识（我们在今后的章节将会进一步讨论 ABS 和 ABS CDO）。

Mian 和 Sufi 的研究结果证实按揭贷款的标准确实有所降低[㊄]。在他们文章中，Mian 和 Sufi 定义了“高拒邮编号”（high denial zip codes）即那些在 1996 年按揭申请被拒比率较高的地区所对应的邮编号码。Mian 和 Sufi 发现，2000 ~ 2007 年，高拒邮编号地区的按揭贷款增长速度尤其快，另外，Mian 和 Sufi 的研究结果显示：按揭贷款制度随时间有一个逐步而非一次性的放松过程，这是因为高拒邮编号地区的按揭发行量在 2000 ~ 2007 年是一个时间的递增函数。Zimmerman（2007）年的研究结果对这一点做了一定的证实[㊅]，Zimmerman 的研究结果表明，2006 年发行的按揭质量比 2005 年差，而 2005 年发行的按揭质量比 2004 年差。标准普尔的估测表明，2006 年一年内的次

㊀ 当房地产价格上升时，贷款商预料贷款人会在低利率结束前付清按揭。但是，次级贷款中对提前偿付的惩罚可能很高，而类似的惩罚在高端客户按揭贷款中一般是不存在的。

㊁ 例如，一个“2/28”可调整利率按揭（“2/28” ARM）是指该产品在最初两年为固定利率，而在今后的 28 年中为浮动利率。

㊂ 掠夺性贷款是指贷款借出人以欺骗的手段与客户签订的不公平的贷款合约。

㊃ 见 A. N. Krinsman，“Subprime Mortgage Meltdown：How Did It Happen and How Will It End”，*Journal of Structured Finance*，*Summer* 2007：13 - 19.

㊄ 见 A. Mian and A. Sufi，“The Consequences of Mortgage Credit Expansion：Evidence from the 2007 Mortgage Default Crisis，” Working Paper，Graduate School of Business，University of Chicago，2008.

㊅ 见 T. Zimmerman：“The Great Subprime Melgdown，” Journal of *Structured Finance*，Fall 2007：7 - 20.

债发行总量为4 210 亿美元，AMP 资本投资人公司（AMP Capital Investors）的数据显示，2007 年7 月份全部次级按揭贷款总量为1.4 万亿美元。

16.1.2 泡沫破裂

贷款制度的放松造成了房屋价格的泡沫，2000~2006 年，住房价格飞速增长。我们知道所有的泡沫最终总会破裂，住房价格泡沫也不例外。2007 年，当初期优惠利率结束后，许多贷款持有者发现自己并没有能力支付贷款，这造成了丧失赎回权的上升，造成许多房屋重新回到市场上，从而触发了房屋价格的下跌。那些借贷数量为房屋价格 100% 或接近 100% 的贷款人这时发现他们房屋的净价值为负（negative equity）。

美国房屋市场的一个特性是在许多州按揭具有无追索（nonrecourse）条款，这意味着当贷款人违约时，贷款借出方可以收回住房，但对贷款人的其他财产是不能追索的，因此贷款人持有一个免费的美式看跌期权，他可以在任何时候以按揭的当前（面值）余额价格将房屋卖给贷款借出方（在最初优惠利率期间，按揭面值往往会增加，这使得期权的价值变得更高）。市场参与者在后来才认识到这一期权的价值很高，但为时已晚。如果贷款人的净价值为负，这时最好的策略是以面值的价格卖出住房，房屋随之在市场上拍卖，从而造成了市场价格的进一步下跌。

假设所有按揭违约人的处境都相同会是一个很大的错误。有些人不能承受按揭付款，当他们放弃房屋时会麻烦重重。但市场上有许多违约者是出于投机，他们买入房屋是为了出租，这些人会适时选择行使看跌期权，这会给房屋的租客带来麻烦。有报告显示，有的房屋拥有人（并非是投机者）十分有创意地抽取看跌期权的价值，当他们将钥匙还给住房贷款借出方后，随即就以更好的价格买入其他那些已经取消抵押品赎回权的住房。假设两个相邻并且结构相似的房屋均已取消抵押品赎回权，两个房屋的按揭均为250 000 美元，而且两个房屋的价值均为 200 000 元，取消抵押品赎回权的拍卖价均为170 000 美元。这时房屋拥有者的最佳策略是什么？答案是每个房屋拥有者均行使看跌期权，并随即买入邻居的屋子（当时市场上确实有办法可以在对信用报告没有影响的情况下做到这一点）。

如图 16-1 所示，市场泡沫在 2006~2007 年破裂。当初始优惠利率结束后许多按揭持有者发现自身没有能力支付按揭付款，造成取消抵押品赎回权增加，房屋价格下跌，那些借贷数量为房屋价格 100% 或接近 100% 的其他贷款人这时发现他们房屋的净价值为负，有些人行使了隐含看跌期权，放弃住房，因此对按揭不再承担责任，这一做法进一步压低了住房市场的价格。

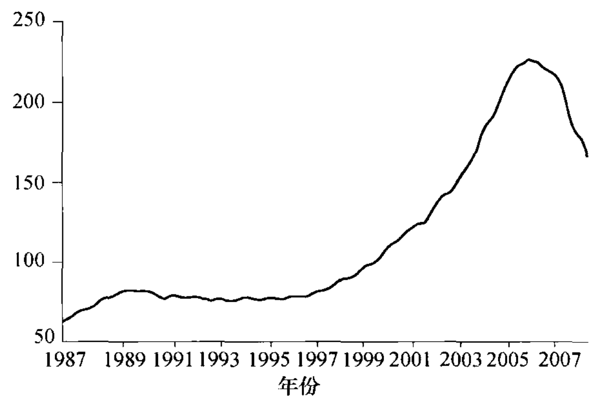


图 16-1 标普/Case-Shiller 美国 10 城市房价指数（1987~2008 年）

美国并不是唯一房产价格下跌的国家，世界上其他许多国家的房价也难逃厄运，英国是房价下跌幅度尤其严重的地区。

16.2 证券化

按揭贷款的发行方在许多情形下并不保留按揭资产，而是将按揭卖给对其进行打包并产生证券的公司，这一过程被称为证券化（securitization）。许多年来，证券化是市场上一个十分重要的、

有效的融资工具，证券化是"发行及销售"（originate-to-distribute）经营模式的基础。这种工具在2007年前被银行普遍采用，在第2章我们对此有过讨论。

证券化对房价泡沫的产生起了一定的作用，按揭的最初发行方知道贷款最终会被证券化，这一点会影响发行方的行为[㊀]，这时，在考虑是否接受按揭申请时，按揭发行者不再关心"我们在今后愿意持有这个信用风险吗？"，而会更加关心"我们是否可以将按揭卖给其他人来盈利吗？"

当按揭被证券化后，按揭支持证券的买入方所得到的唯一信息是贷款与估值比率（loan-to-value ratio，即贷款数量与房屋估价的比率），以及贷款人的FICO分数。贷款发行者并不关心贷款申请人的收入状况、申请人在其住址上居住的年份等信息，这是因为在贷款变卖过程中，这些信息被认为是无关紧要的。对于贷款发行方而言，最重要的是按揭贷款是否可以卖给其他人，而这主要取决于贷款与估值比率，以及贷款申请人的FICO分数。

有时即使通过了贷款与估值比率和FICO分数检验的按揭也可能具有较差的信用质量，这一点耐人寻味，原因可能是迫于贷款人的压力，有时财产价格估测人（property assessor）会给财产定出很高的价格，有时一些潜在的贷款人可能会得到一定的咨询后，而设法改善自身的FICO分数[㊁]。

我们接下来将要讨论由按揭所派生出的产品及其在市场上的出售过程。

16.2.1 资产抵押债券

一个资产抵押债券（asset-backed security，ABS）是由贷款、证券、信用卡应收付款、按揭、飞机租用费等类似的资产现金流而产生的证券，有时甚至音乐唱片的将来收入所产生的现金流也可以用来产生证券。证券的产生过程如图16-2所示，资产发起人首先将资产组合（例如次级贷款组合）卖给一个特殊目的机构（special purpose vehicle，SPV），然后将资产现金流分配到不同的份额（tranche），并对份额进行出售。图16-2中债券共有3个份额：高级份额、中间份额以及股权份额。资产组合的面值为1亿美元，组合资产被分为：高级份额面值7 500万美元，中间份额面值为2 000万美元，股权份额面值为500万美元，高级份额承诺的回报率为6%、中间份额为10%、股权份额为30%。

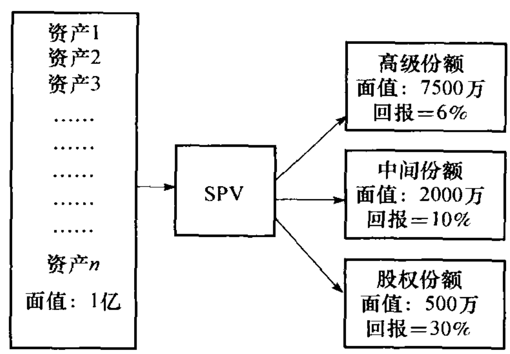


图16-2 一个资产抵押证券（简化版）

乍看起来股权份额最为合算。但实际并非如此。股权份额拿到回报的可能性要小于其他两个等级的份额，证券化的现金流是以所谓的瀑布形式（waterfall）进行分配的，瀑布现金流分布如图16-3所示，资产产生的现金流首先要分配给最高级份额，直到这个份额收到所有的承诺回报后，现金流才会向低一级份额进行分配。假定高级份额所承诺的回报可以被满足，现金流可以进一步向中间份额来分配，如果中间份额所承诺的回报也被满足，而且现金流仍有剩余，这时现金流才会向股权份额进行分配。说明现金流准确分配方式的法律文件一般会长达数百页。

图16-2中的结构一般要持续几年，最终的本金将支付给份额的持有者，但份额所收到的本金取决于资产的损失程度。最初资产5%的损失由股权份额承担，如果损失超过5%，股权份额将会

㊀ Keys等研究人员的研究结果表明，证券化的发展与按揭筛选条件的宽松有一个关联性，见B. J. Keys, T. Mukherjee, A. Seru, and V. Vig, "Did Securitization Lead to Lax Screening? Evidence from Subprime Loans," Working Paper, University of Michigan, 2008。

㊁ 一种做法是持续几个月对信用卡按时付款。

损失全部本金，中间份额也会损失一定本金；如果损失超过25%，中间份额将损失全部本金，高级份额也会损失一定本金。

我们可以用两种方式来看资产抵押证券的结构：一种是以图16-3所示的瀑布式的现金流形式。现金流首先会分配给高级份额，然后是中间份额，最后才是股权份额；另外一种是以承担损失的方式，股权份额首先承担损失，然后是中间份额，最后才是高级份额。

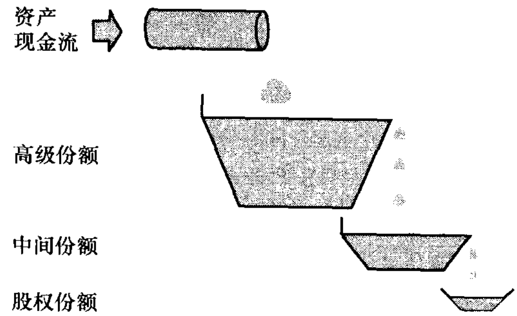


图16-3 资产抵押证券中的瀑布式现金流

资产抵押证券的设计方式是保证高级份额的信用评级为AAA，中间份额的信用评级为BBB，股权份额通常没有信用评级。与一般债券评级有所不同，资产抵押证券的份额评级常常被称为“协商评级”(negotiated rating)。ABS发行者的目标是产生最大数量的高级份额资产，并保证其信用评级达到AAA级（这样做可以将资产结构的盈利最大化），在发行证券之前，ABS的发行者首先要查看信用评级公司如何来对份额进行评级，然后向评级公司提供几种债券发行的初选方案，最终选定一种结构来发行证券。

一种特殊的资产抵押证券就是所谓的债务抵押债券（collateralized debt obligation，CDO），这种债券的基础资产为固定收益债券。

16.2.2 ABS CDO

寻找愿意向由次级贷款所派生出的高级AAA级份额的投资人并不困难。股权份额常常由按揭发行人持有，而且对冲基金也有兴趣购买股权份额，但寻找中间份额的投资人会比较困难。这时金融工程师发挥了其想象力（有人说太具有想象力了），他们由ABS的中间份额进一步创造出新的ABS，以这种形式产生的债券被称为ABS CDO或中间ABS CDO，其产生过程如图16-4所示，ABS CDO的高级份额的评级为AAA，这意味着我们例子中的所有AAA级产品的面值占基础按揭组合面值的90%（75%加上75%的20%），这一比率看起来已经很高，但如果考虑将中间ABS CDO进一步证券化，那么AAA级证券面值占基础按揭组合面值的比率会更高。

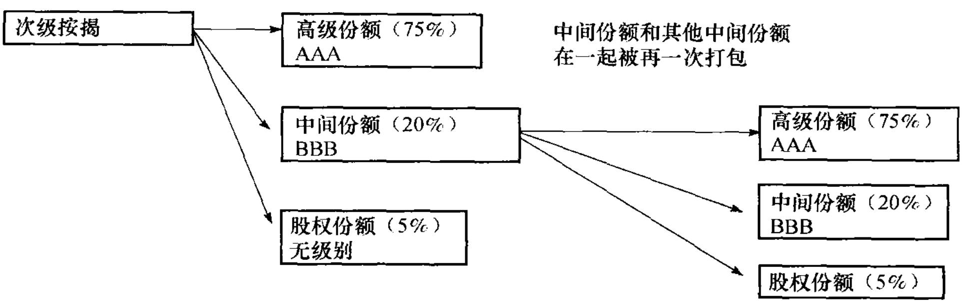


图16-4 一个简化的ABS CDO

由图16-4所示的例子中，ABS的AAA级份额在2007年下半年可能已经被降级，但是，如果基础按揭资产的损失小于25%，因为有更低级的份额来承担本金损失，该份额仍可能会收到其承诺回报。图16-4所示ABS CDO的AAA级份额会更加危险。当基础按揭组合的损失小于10%时，该份额会收到其承诺回报，这时ABS中间份额所承担的损失小于或等于ABS本金面值的5%[⊖]，

⊖ 即高于股权份额5%上的额外的5%损失。——译者注

因为 ABS CDO 中间份额的面值为 ABS 面值的 20%，其所对应的最大损失（以 ABS 资产为基准）为5/20，即 25%，因此，在最差的情况下（25% 的 ABS CDO 损失，即基础资产损失为 10%），ABS CDO 的股权份额及中间份额会全部耗尽，但最高级份额没有任何损失。

当基础资产的损失高于 10% 时，ABS CDO 的高级份额会有损失。例如，当基础资产的损失为 20% 时，这时 ABS 中间份额的损失率达 15/20，即其面值的 75%，最初 25% 的损失由 ABS CDO 股权份额及中间份额承担，ABS CDO 的高级份额损失率达 50/75，即 67%。表 16-1 是对这一结果及其他情形所对应损失的总结。

表 16-1 图 16-4 中的 ABS CDO 中的 AAA 级份额的损失 (%)

次级债组合的损失	ABS 中间层份额的损失	ABS CDO 股权份额的损失	ABS CDO 中间层份额的损失	ABS CDO 中高级份额的损失
10	25	100	100	0
15	50	100	100	33
20	75	100	100	67
25	100	100	100	100

许多银行因持有 ABS CDO 的高级份额而蒙受损失，这些投资的融资费用往往是 LIBOR，而投资所对应的承诺会稍稍高于 LIBOR。因为投资资产的信用级别为 AAA，投资所对应资本金要求会比较低。美林证券就是因投资 ABS CDO 而蒙受了巨大损失。2008 年 7 月，美林以每 1 美元面值按 22 美分的价格向孤星基金（Lone Star Funds）出售了总面值为 306 亿美元、信用级别曾被评为 AAA 级的 ABS CDO 高级份额[⊖]。

16.2.3 实际中的 ABS 及 ABS CDO

图 16-4 说明了证券化过程的实质。在实际中，证券化产品具有更多的份额，许多份额厚度比图 16-4 中的份额要更薄（即承担损失范围会更窄）。图 16-5 展示了一个更为接近于真实的结构，

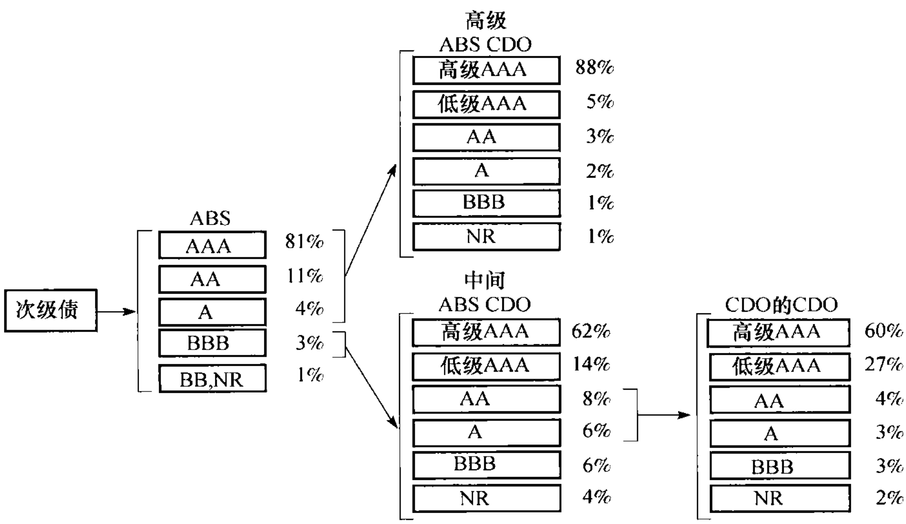


图 16-5 一个更近于真实的次级债的证券化过程

注：其中 ABS、中间 ABS CDO（Mezz ABC，CDO）和 CDO 的 CDO(CDO of CDO) 设有超额抵押和超额利差机制。

⊖ 事实上，这个交易对美林来讲情况可能会更糟，因为美林要为 75% 出售价格提供资金支持，当份额价格低于每 1 美元面值 16.5 美分时，这些资产可能又会回到美林的账面上。

这一结构选自 Gordon 的文章，它最初来源于 UBS 的一篇文章[⊖]。

图形显示，由 ABS 可以产生两类 ABS CDO，其中一类由 ABS 的 BBB 级份额来产生（如图 16-4所示的 ABS CDO）；另外一类由 ABS 中的 AAA、AA 及 A 级份额来产生。图形显示由中间 ABS CDO 可以派生第 3 层证券。

图 16-5 中的许多份额（例如，ABS 中用于产生中间 ABS CDO 的、覆盖 1% ~4% 的 BBB 的份额），看起来风险很大。事实上，当考虑了 ABS 瀑布现金流细节以后，这一份额的风险要小一些。图 16-5 的结构中设定了所谓的超额抵押（over- collateralization）机制，即按揭抵押资产的面值要比 ABS 证券的面值更高，同时这一结构中又具有超额利差（excess spread）的特性，即向份额持有者支付回报的总和小于按揭收入利息的总和。如果由于这些特性而使得在所有 ABS 份额收到回报之后仍有一定的额外现金流，这些现金流将用于缩减高级份额的面值。

16.3 定价错误

ABS CDO 中 AAA 级份额的风险以及相对来讲风险较小的 ABS 的 AAA 级份额的风险，要比投资人和评级公司所意识到的更高。ABS 份额的价值与基础按揭资产中的违约相关性有关，而 ABS CDO 份额的价值更加依赖于违约相关性。如果按揭违约程度并不很高（一般情况是这样），整体来讲，高违约率并不太可能发生，因此 AAA 级份额是相当安全的，但是在受压市场下，违约相关性会增加，以至于高违约率也变得可能。在使用 Copula 模型时，一种应对这种问题的做法是利用学生 t-分布来取代正态分布。

如业界事例 16-1 所示，分析人员所犯的一个错误是对 ABS 中的 BBB 级份额与企业 BBB 级债券等同处理，但这两类债券有显著差别，而这些差别对于 ABS CDO 份额中的风险有很大影响。

通过证券化产生的 ABS 以及 ABS CDO 是相对比较复杂的产品，分析这些产品具有一定难度。许多投资人没有投入足够精力来分析他们买入的证券，他们错误地依赖评级公司的评级而没有真正懂得评级的假设前提，AAA 级份额的回报远远高于具有同等评级的企业债券，这一事实本应是一个警告，这些回报的差别说明份额评级的风险没有充分体现出来。

业界事例 16-1

并非所有 BBB 级债券都一样

分析人员在对由中间份额所派生出的 CDO 进行分析时，往往假设 BBB 级的 ABS 中间份额与一般 BBB 级证券等同，这是非常糟糕的假设。ABS 的 BBB 级份额的损失概率或预期亏损可能会与某个 BBB 级证券相同，但其损失分布与一般的 BBB 级债券有根本差别。例如，ABS 份额损失 100% 面值的可能性要远远高于一般 BBB 级债券损失 100% 面值的可能性（这一风险有时被称为“悬崖风险”（cliff risk）），这意味着 ABS CDO 份额的风险特性与由债券产生的 CDO 债券的风险特性有很大不同，当份额的厚度变薄时，这些差别会变得更加显著，如图 16-5 所示，ABS CDO 的中间份额厚度一般很薄。

由此得出的一个教训是，将 ABS 份额（或其他结构性产品）的级别等同于一般证券的信用级别，这种做法是很危险的。

⊖ 见 G. Gorton, “The Panic of 2007,” Working Paper, Yale School of Management, 2008.

16.4 避免将来的危机

造成2007年危机的因素有很多，按揭发行者降低了贷款标准，市场上产生了在保证盈利的情况下将信用风险转移给投资人的产品，投资人购买的产品很复杂，并且在很多情形下，投资人甚至评级公司只具有关于基础资产质量的不准确、不完整的信息。评级公司将其传统评级业务转移到对结构性产品进行评级，并且将某些与基础资产之间的违约相关性有密切关联的份额评为AAA级。结构性产品的投资人以为自己发现了印钞机，这些投资人将评级公司所提供的信息用来取代自己关于基础资产的风险分析。投资产品的回报率很高（例如，LIBOR加上120个基点），并且因为AAA的评级，这些投资只需要很少的资本金（通常资本金为面值的7%），因为监管资本回报率（并因此而带来的分红）很高，交易员对这些产品情有独钟。

我们如何做才能避免将来的危机呢？以下是几点观察。

16.4.1 代理成本：发行人与投资人

经济学家所指的代理成本（agency cost）是描述在某个商业行为中，两个不同参与者的利益不完全一致的情形。本章以上的讨论说明在美国按揭市场，因为按揭发行人与投资人的利益并不完全吻合，因此确实存在代理成本。如果监管当局要求按揭（及其他信用风险被转移的资产）发行人持有每个份额一定比例，例如20%，那么此次危机可能就不会像现在这么严重，监管当局的这一要求可以更好地使按揭发行人与份额投资人的利益保持一致。结构性产品市场在危机后几乎消失，但金融行业的记忆会很短，在不远的将来，这个市场很可能会重新出现。监管当局与评级公司应该对市场上不同参与者利益不一致的情形保持警惕。

按揭发行人应在所有份额中占有一定股份，这么做的一个重要原因是鼓励按揭发行人的借贷决策与投资人的利益一致，另一个原因是按揭发行人常常最终会成为按揭的管理者（收取利息、做出没收赎回权决策等），这时保证管理人的决策同投资人的决策一致是十分重要的。按揭发行人有时确实会持有股权份额，这从某种程度上保证了发行人利益与份额买入方利益的一致性，但是，因为发行人在卖出其他份额后已经获得很大收益，他们往往认为股权份额是免费所得。进一步讲，一旦股权份额丧失全部本金后，按揭发行人对按揭组合的表现将不再有任何兴趣。

我们应特别区分以下两种情形：（a）按揭发行者对其组合资产的80%进行证券化（b）按揭发行人对组合资产的100%进行证券化，并同时持有每个份额的20%。在第一种情形，我们总怀疑发行人首先对贷款进行筛选，然后持有质量好的贷款，并将质量不好的贷款进行证券化。对每个份额都被发行人持有一部分的债券，评级公司也许会给出较高的信用级别。但是，以上两种不同情形对整体按揭组合监管资本金的要求应该是相同的。

以上的想法也许可以减缓2007年信用紧缩前市场的发展速度，但是我们应该承认，信用紧缩具有讽刺意义的一点是证券化在许多情形下并没有将按揭资产从银行账户中分离，常常是，AAA级的高级份额被银行的其他（非证券化）部门买入。因为银行是以按揭发行者与投资者的双重身份出现，我们似乎可以合理地期望投资者和发行者的利益达到一致，而事实上，银行的投资按揭资产部门通常远离银行的按揭发行部门，这两个部门之间几乎没有信息交流。

有些监管当局已经提出与上述相近的监管条例。不出所料，这些条例遭到了来自银行的很大阻力[⊖]，但是，有许多银行已得到政府的大量资本救济金，因此在反对这些条例时，他们也没有

⊖ 见W. Rhode, "Keep What You Know", *Risk*, 21, 10 (October 2008): 56-58.

太强的发言权。

16.4.2 代理费用：金融机构与其雇员

另外一个代理费用源自于金融机构及其雇员。雇员的工资分成三类：一般工资、年终现金分红以及股票和股票期权。金融机构中许多不同级别雇员（特别是交易员）的工资很大一部分是以年终现金分红形式给出的，这种工资形式侧重于短期表现，如果某个雇员在某年盈利很高而在今后的几年损失很大，该雇员在第一年会收到很高的现金分红，而在今后几年不需要归还已得到的分红，雇员也许因为第二年的损失而失去工作，即使这样，对他来讲，情况也不是太糟。令人惊讶的是，金融机构好像很愿意雇佣那些简历上有损失记录的人员。

假设你是一位在2006年投资于ABS CDO资产的某金融机构的雇员，你基本已经确认美国房屋市场泡沫并认定这一泡沫最终会破裂，但是你仍然可能决定进行ABS CDO投资，如果这一泡沫在2006年12月31日之前不破裂，你仍可能在2006年年底收到一笔可观的分红。

我们这里并非是指责华尔街的工资过高，而是说工资的计算方式应该有所改变。目前政客及监管局纷纷向金融机构施压，来保证雇员的分红与其长期表现（例如5年）而不是只与1年的表现有关。一种想法是，在每年的年末，金融机构奖励给每个雇员"分红积分"（bonus accrual），积分可正可负，这些积分反映了雇员对业务的贡献，每个雇员在年底所收到的实际现金分红等于过去5年现金分红积分的平均值与0取最大值。为了计算起见，分红积分在雇员加入到公司之前设定为0，并当雇员离开公司以后，分红也不再支付，虽然这种机制并不完美，但它可以鼓励雇员在做出业务决定时将眼光放到若干年后。

16.4.3 透明度

ABS或ABS CDO常常是由一个长达数百页的法律文件来定义的。如前所述，许多投资人在买入AAA的份额结构时并没有仔细分析这一法律文件，他们的决策仅仅依赖于AAA的评级标签，一旦一个份额被认定为是高风险，这种份额在市场上一定难以交易，原因在于潜在的投资人对份额基础资产以及每个份额的现金流的计算方法并不是十分了解。

ABS（特别是ABS CDO）可以说是信用衍生产品交易中最为复杂的产品，律师应该与时俱进，他们应该利用软件而不是用文字来定义这些产品，除了提供定义产品的按揭及其他基础产品的数据文件，律师还应该提供对于不同情形下计算现金流的软件，软件用户的输入值定义了每年利率及本金的不同变化情形，软件的输出值应该是份额持有者每年所实现的现金流。ABS CDO中份额是由其他份额定义得出，以上做法可以十分有效地处理这一结构定义问题，份额的构造者要披露基础资产以及份额表现的信息，披露信息的方式要与按揭发行者以及他们的律师所使用的软件一致。

有些公司的确按以上方式给投资者提供关于份额的详细信息，但是这些信息非常昂贵，从而对研究人员及金融评论员而言并不容易取得，保证这些信息的广泛易得性对金融市场的运作十分有益。投资者与独立研究人员可以在没有任何困难的情况下进行情景分析并因此对不同的份额做出自己的判断，这样，2007年、2008年ABS及ABS CDO市场的流动性问题可能就不会像现在这么严重（因为投资人可能在最初就已经充分理解了ABS CDO中的风险），采用软件而不是书写文件的形式来定义许多衍生产品（特别是复杂性产品）是一种很好的做法，这是因为采用书写文件的形式定义衍生产品太过烦琐。

16.4.4 对模型的需求

通常来讲，如果对于某种产品还没有得到一个令人满意的模型，金融机构是不会交易这种产品的。典型的情况是，任意一家金融机构都有一个特定的小组会对产品定价模型进行检测，在模型没有被批准之前，金融机构不能进行任何交易（见第20章）。令人吃惊的是金融机构在没有定价模型的情况下，确实交易了ABS及ABS CDO中的高级份额。一种解释是金融机构认为对AAA级产品不需要模型，但是没有模型，风险管理便无从谈起，同时，产品降级会给金融机构带来更多问题。

金融机构是否具备交易ABS CDO的能力非常令人惊讶，ABS CDO的结构与合成CDO市场中的CDO平方（CDO squared）十分接近（我们将在下一节讨论合成CDO）。交易员认为合成CDO市场中的CDO平方是十分危险并难以定价的产品，正是由于这个原因，CDO平方后来在市场上消失了。ABS CDO的份额与CDO平方的风险相比一点都不小，其定价也同样困难，但许多金融机构仍然认为ABS CDO份额是一个很好的投资。由于对ABS CDO市场没有开发出好的模型而造成了ABS及ABS CDO产品定价所需要的相关性的重要性没有被投资人充分理解。

16.4.5 模型是如何被应用的

如果市场上确实有对ABS及ABS CDO定价的模型，那一定会有所帮助，但具有模型并不一定说明我们具备了足够缓解次贷危机的能力。为了说明模型确实可以为我们提供帮助，我们需要讨论模型的应用。监管人员以及金融机构所采用的风险管理方法在很大程度上取决于历史经验。例如，描述市场风险的风险价值度通常是基于过去2~4年市场变量的变化，信用风险价值度则是其于过去百年的历史违约经验，压力测试通常涉及过去10年、20年以及30年中市场变量的大幅度剧烈变化。

毫无疑问，历史数据确实可以给风险管理人员提供一个有用的指导，但我们不可机械地将历史数据应用于模型，并由此来确定风险是否可以被接受。在风险管理过程中，我们在使用模型的同时，还要进行一定的人为判断，这一点十分重要。一个由高级管理人员构成的风险委员会必须定期开会来讨论金融机构所面临的重大风险。压力测试必须基于由这些高管以及由历史数据所确定的情形。风险管理委员会应该对市场上出现的“非理性繁荣”（irrational exuberance）保持高度警惕[⊖]，这一点将在第17章进一步加以讨论。

过去金融危机给我们的一个教训是，当市场受压时，违约相关性会随之增大，采用标准风险价值度技术，通过历史数据来估测相关性，并将这些相关性应用于受压市场是一种不合适的做法。风险管理委员会的一个职责是识别房屋价格中的泡沫，并且要坚持实施假设一个全国范围内违约会同时增大的压力测试。当然，另一个重点是银行的决策人应认真听取风险管理人员及风险委员会的建议，尤其是在非理性繁荣期间，做到这一点非常重要。有证据表明，有些决策人员并不愿意这么做。

16.5 合成CDO

在前面我们曾指出，当ABS是由债券或其他定息产品来生成时，相应的ABS被称为CDO，更为精确一些，这类产品被称为是现金CDO(cash CDO)，因为基础资产是由在现金市场交易的产品

⊖ 非理性繁荣这一说法是1990年股票出现牛市期间，由艾伦·格林斯潘（Alan Greenspan）最先提出。

而构成。在我们结束讨论 ABS 及 CDO 之前，我们接下来讨论合成 CDO(Synthetic CDO)。

持有一个企业债券的长头寸与在信用交换交易中卖出企业的信用保护（即持有信用保护的短头寸）所承受的信用风险基本上等价（见第 14 章关于信用违约互换的讨论），这一观点导致了以另一种方式来产生 CDO，与其构造一个由企业债券所构成的资产组合，CDO 的发行人可以构造一个由信用违约互换短头寸所组成的产品组合，这一组合的信用风险通过证券化转移给了份额投资人，由这种形式所生成的 CDO 被称为合成 CDO。

合成 CDO 的构造使得信用违约互换组合的违约损失被分配到份额之中，并且在损失发生后，份额的本金也随着损失量的出现而降低。假定信用违约互换组合的本金总量为 1 亿美元，而证券化共产生了 3 个份额，情形可能为：

- 第 1 份额首先承担第一个 500 万美元损失，作为补偿，该份额投资回报等于份额 1 既存本金的 15%。
- 第 2 份额承担接下来的 2 000 万美元损失，作为补偿，该份额投资回报等于份额 2 既存本金乘以 100 个基点。
- 第 3 份额承担接下来的 7 500 万美元损失，作为补偿，该份额投资回报等于份额 3 既存本金乘以 10 个基点。

份额 1、份额 2 及份额 3 的最初本金面值为 500 万美元、2 000 万美元及 7 500 万美元，份额面值随着信用违约互换赔偿的出现而减少。最初，份额 1 中信用卖出方的回报等于份额面值 500 万乘以 15%，假定在 6 个月后，信用违约造成了信用违约互换 100 万美元的违约付款，该款项是由信用卖出方支付给信用买入方的，份额 1 的面值便随之减少 100 万美元，因此信用卖出方的回报等于既存面值 400 万美元（而不是 500 万美元）乘以 15%；如果信用违约互换的违约付款超出 500 万美元，份额 1 被完全消除，余下的损失由份额 2 来承担，当违约付款达到 700 万美元时，份额 2 的既存面值变为 1 800 万美元，这时份额 2 承担的损失量为 200 万美元[⊖]。

16.5.1 标准交易组合及单份额交易

在第 14.4 节中，我们讨论了 CDX IG NA 北美及 iTraxx 欧洲信用违约指数，这些指数分别是用来跟踪北美及欧洲的投资级证券的信用溢差，市场采用这些指数所对应的基础资产来定义标准份额。CDX IG NA 是由北美 125 个具有投资级信用的公司所组成，股权份额是为了覆盖 0 ~ 3% 的本金损失，中间份额为了覆盖 3% ~ 7% 的本金损失，其他份额是为了覆盖 7% ~ 10%、10% ~ 15%、15% ~ 30% 以及 30% ~ 100% 的本金损失；对应于 iTraxx 欧洲指数，份额所覆盖的损失范围分别为 0% ~ 3%、3% ~ 6%、6% ~ 9%、9% ~ 12%、12% ~ 22% 以及 22% ~ 100%。

一旦份额定义完成后，在不需要定义整体结构的情况下[⊜]，交易员可以交易合成 CDO 中的单一份额，这一做法被称为单一份额交易（single-tranche trading)，合成 CDO 的结构仅仅是为定义信用买入方及卖出方交易员之间的现金流提供参考而已。

表 16-2 展示了 iTraxx 份额连续 3 年内在 1 月底的报价。为了理解这些报价的含义，我们考虑 2007 年 1 月 31 日所对应的一行，该行显示指数水平为 23 个基点，这说明买入基础资产组合所有 125 家公司信用保护的费用为 23 个基点（忽略买卖价差）（例如，假如我们买入关于基础资产中

⊖ 在实际中，信用卖出方要支付数量等于份额本金面值的保证金，这一保证金的回报率为 LIBOR，当某一份额用于支付信用违约互换中的损失时，赔偿现金应当从保证金中支付，违约时收回资金将用于退还（to retire）最高级份额的本金，这时的退还本金并不意味着最高级份额的本金有任何损失，这只意味着高级份额所退还本金部分没有取得相应的回报（此时的回报为 10 个基点）。

⊜ 在无须定义瀑布式现金流结构的情况下。——译者注

每一家公司的信用保护，面值为100万美元，每年的费用为0.002 3 ×1 000 000 ×125，即287 500美元)。一个交易员可以买入对应于基础资产损失6% ~9%的信用保护，费用为11.95个基点。假定买入信用保护的面值为600万美元，这对应于最初份额的本金，信用卖出者向信用买入者支付的违约损失赔偿与iTraxx欧洲组合中的违约损失有关。如果累积违约的损失小于组合资产面值的6%，这时信用卖出方不用支付任何违约赔偿；一旦累积损失数量超过组合面值的6%，违约赔偿会开始。如果在第3年年末，累积违约损失由资产组合面值的6%上升到7%，信用卖出方需向买入方支付200美元，份额面值将减至400万美元；如果在第4年年末，累积违约损失由组合资产面值的7%上升到9%，信用卖出方需向买入方支付额外的400万美元，这时份额本金降至0。在这个时刻以后的损失不再触发任何违约赔偿。在合约中，信用买入方须向卖出方在每3个月的最后付费，费用等于0.001 195乘以份额的既存面值。最初的费用为每年0.001 195 ×6 000 000，即7 170美元。

表16-2　5年的iTraxx欧洲指数的中间市场报价

日期	份额					iTraxx指数
	0% ~3%	3% ~6%	6% ~9%	9% ~12%	12% ~22%	
2007年1月31日	10.34%	41.59	11.95	5.60	2.00	23
2008年1月31日	30.98%	316.90	212.40	140.00	73.60	77
2009年1月30日	64.28%	1185.63	606.69	315.63	97.13	165

注：除了0 ~3%份额，报价为基点数量（计量为份额面值的比率），0 ~3%的报价为前期支付（up front fee）加上每年500个基点。

资料来源：Creditex Group Inc.

股权份额0 ~3%的报价方式与其他份额不同，市场报价为10.34%，意味着信用卖出方收入的最初付款等于份额面值的10.34%，并且每年收取既存面值的500个基点。

在最近两年，信用市场发生了巨大变化，信用紧缩触发了信用溢差的大幅度增长，iTraxx指数已从2007年1月的23个基点涨到2009年1月的165个基点，其他份额的报价也有显著增长，促成这些变化的一个原因是市场对投资级公司的违约概率估测有所增大，但是，这些变化在许多情形下也归咎于信用卖出方所经历的流动性问题，信用卖出方更加厌恶风险，从而导致了他们索取的风险溢差增长。

16.5.2　违约相关性的作用

CDO份额定价的标准模型是我们最初在第10章所讨论的高斯Copula模型，违约相关性在定价过程中所扮演的角色很有意思。当相关性较低时，股权份额几乎肯定会有损失并且其面值很容易被消除[⊖]，但是，高级份额会相对安全一些。

当违约相关性增大时，高级份额会变得更加危险，但股权份额的预期亏损会降低。为了理解这一点，假定违约概率为10%，相关性为完美（即全相关），即相关系数为1，这时我们面对的是要么损失全部，要么没有任何损失的情形，所有公司违约的概率为10%，没有任何一家损失的概率为90%，因此，股权份额将毫发无损的概率为90%。

16.6　小结

2007年开始的信用危机给全球金融市场带来了灾难性的效应。这一危机最初源于美国房屋市

⊖ 例如，如果在今后5年违约率为5%，相关性为0，125家公司中没有任何一家违约的概率为0.2，同时有6家或更多违约的概率大约为60%。

场，美国政府曾热衷于鼓励住房拥有率，利率一度很低，按揭经纪以及按揭发行商发现可以通过降低贷款标准来赢得更多的业务。市场上产生证券化产品使投资人所面临的信用风险不同于最初按揭发行人所面临的信用风险，信用评级公司对证券化的高级份额给出了 AAA 的评级，市场上出现大量 AAA 份额的投资者，这是因为高份额 AAA 级债券的回报要高于其他 AAA 级债券。银行认为这一“黄金时光”（good times）将会持续，因为交易员的奖励是集中于其短期表现，银行分析人员忽略了房屋市场泡沫以及他们所交易的这些复杂产品对于市场的潜在影响。

当初次购房者及投资者一起进入市场时，房价上涨。有些按揭包括适用于最初两三年的优惠利率，当优惠利率结束后，许多贷款的还款利息会显著增加，因不能偿还高利息贷款，贷款人只能违约，从而造成了取消抵押品赎回权的增大，同时也增大了卖方市场的供应，2000～2006 年市场上涨现象终于戛然而止，投机者及其他投资人发现他们所欠按揭的价值大于其违约的房屋价值（即他们的净值为负），这加重了房价的下滑幅度。

我们可以采取几种措施来避免今后类似的危机．贷款发行方的利益最终要和承担信用风险的投资人利益保持一致，我们可以要求最初发行方持有发行债券各个份额的一定数量。金融机构的奖励制度也应该变革，制度要强调奖励重点不是侧重于短期表现，有些银行，例如 UBS，在 2008 年年末采用了这种做法。在 2009 年年初，奥巴马总统宣布，对美国金融系统中放任自由的奖金文化进行改革将是他的工作重点。市场交易产品的透明度应该增强，风险应该被广大投资人所理解。风险管理过程除了应用模型外，还应该包括进行大量的人为判断。

2007 年 7 月后，信用溢差的增大颇有一些戏剧性，其中一个原因是市场对违约率估值的增大，另外一个原因是流动性供应的短缺，市场上只有相对较少的人愿意冒自身资本的风险，来提供信用保护，市场的去杠杆化使得市场参与者更加厌恶风险，从而对承担风险想索取更高的风险溢差。

推荐阅读

Figlewski, S., "Viewing the Financial Crisis from 20 000 Feet Up," *Journal of Derivatives*, 16, 3 (Spring 2009): 53 -61.

Gorton, G., "The Panic of 2007," Working Paper, Yale School of Management, 2008.

Hull, J. C., "The Financial Crisis of 2007: Another Case of Irrational Exuberance," in: *The Finance Crisis and Rescue: What Went Wrong? Why? What Lessons Can Be Learned?* University of Toronto Press, 2008.

Hull, J. C., "The Credit Crunch of 2007: What Went Wrong? Why? What Lessons Can Be Learned? " *Journal of Credit Risk*, forthcoming, Summer 2009.

Hull, J. C., and A. White, "The Risk of Tranches Created from Residential Mortgages," Working Paper, University of Toronto, 2009.

Keys, B. J., T. Mukherjee, A. Seru, A., and V. Vig, "Did Securitization Lead to Lax Screening? Evidence from Subprime Loans," Working Paper, University of Michigan, 2008.

Krinsman, A. N., "Subprime Mortgage Meltdown: How Did it Happen and How Will It End," *Journal of Structured Finance*, Summer 2007: 13 - 19.

Mian, A., and A. Sufi, "The Consequences of Mortgage Credit Expansion: Evidence from the 2007 Mortgage Default Crisis," Working Paper, Graduate School of Business, University of Chicago, 2008.

Zimmerman, T., "The Great Subprime Meltdown," *Journal of Structured Finance*, Fall 2007: 7 -20.

练习题

16.1 为什么2000～2007年，按揭发行人常常不检查按揭申请人的背景信息？

16.2 为什么2000～2007年的房价增长被称为泡沫？

16.3 表16-1所对应的基础资产损失率（a）5%及（b）12%的含义是什么？

16.4 在图16-5中，在以下情形次债按揭组合最终为AAA级证券的比率为多少？（a）如果没有超额抵押和超额溢差。（b）ABS中有10%超额抵押，也就是说，用110美元的按揭来生成100美元的ABS资产。

16.5 解释以下资产的差异（a）ABS；（b）CDO；以及（c）ABS CDO。

16.6 比较以下产品的风险：（a）图16-4所示的ABS的AAA级份额；（b）图16-4所示的ABS CDO的AAA级份额。以上两个产品哪一个风险更大？为什么？

16.7 “代理费用”的含义是什么？代理费用在危机中起了什么作用？

16.8 “如果按揭发行人对所有的按揭都进行了证券化，并且同时持有每个份额的10%，与只对90%的按揭进行证券化，并不持有任何份额是等价的。”你同意这一观点吗？请讨论。

16.9 ABS CDO是如何产生的？产生ABS CDO的动机是什么？

16.10 研究人员Mian及Suif如何说明按揭发行人在2000～2006年确实降低了贷款发行标准。

16.11 合成CDO与现金CDO的区别是什么？

16.12 解释违约相关率对以下情形的影响：（a）CDO中股权份额的风险；（b）CDO中高级份额的风险。

16.13 解释为什么年末的现金奖金是一个短期奖励。

作业题

16.14 假定高级、中级及股权所对应的面值比例为85%、5%和10%，而不是图16-4所示的75%、20%和5%，这一变化对表16-1的影响是什么？投资人的风险会如何变化？

16.15 假定我们采用高斯Copula模型来对一个涉及125个公司的合成CDO定价，模型中的违约相关系数为0.4，每一个公司在5年内的违约率均为6%，当式（10-9）中的因子为以下的数量时：（a）−2，（b）−1，（c）0，（d）+1及（e）+2，5年内有多于10个公司违约的概率分别为多大？

CHAPTER 17

第 17 章

情景分析和压力测试

压力测试（stress testing）涉及对金融机构的产品组合在极端但仍有可能，同时又是风险价值度没有考虑的情形下进行定价。如果我们要从 2007 年夏天开始的金融危机中只吸取一个教训，那就是我们应该更加重视压力测试，而不应机械地应用风险价值度模型。风险价值度具有一定应用价值，但这种模型不可避免地采用历史回望的方式来分析，而风险管理应当更关心今后将会发生什么。为了产生可信的极端情景，并将这些情景作为压力测试的基础，我们需要进行一定的人为判断。

在本章中我们将讨论产生压力测试情景的不同方法，并说明为什么 2007 年和 2008 年的金融危机会促使银行管理人员花更多的精力到压力测试。在本章中我们还将讨论，为了使得压力测试成为金融机构风险管理过程中有意义并且有用的一部分，我们需要克服什么样的困难。

17.1 产生分析情景

计算风险价值度最为流行的方法是在第 12 章中所讨论的历史模拟法，在这一方法中，我们假定过去几年的历史数据为我们提供了在今后 1 ~ 10 天内市场变化的指导。如果某种事件在数据所覆盖的时间内没有发生，那么在基本 VaR 计算方法中，这一事件不会对计算出的 VaR 有任何影响（见 12.1 节）。当市场变动很大时，对波动率进行更新（第 12.3 节）可以产生更多的极端结果。极值理论（第 12.4 节）可以对尾部分布进行平滑与外延。压力 VaR（stress VaR）的计算（见 11.12 节）朝着正确的方向上迈出了一步。但是，VaR 计算方法的本质是回望型的，那些将来可能会发生，但又不能在历史数据中体现的情形是不能在 VaR 中体现出来的，压力测试就是为了克服 VaR 度量中的这一弱点。

压力测试包含检测金融机构的产品组合在极端市场条件下的表现。这种测试共有两步：第 1 步是产生合理的极端市场变化情景；第 2 步是在不同情景下对产品组合进行定价。有时在压力测

试中考虑的极端市场变化是以标准差来定义的（这一方法对应于表9-2中关于外汇数据的分析）。如果每天的变化服从正态分布，那么5个标准差所对应的事件将会每7 000年才发生一次，但在实际中，每10年发生一两次5个标准差的市场变动并非罕见（这一事实说明在风险管理过程中，假定市场变化服从正态分布并不理想）。

压力测试的关键是如何选择情景，我们接下来考虑不同的选择方法。

17.1.1 对单一变量进行压力测试

一种方法是采用假定某一变量有很大变化而其他变量保持不变的情景，对于这种情形，有时会考虑下面的例子。

- 收益率曲线平行移动（上或下）100个基点。
- 假定某资产的隐含波动率由当前水平上下波动20%。
- 股指上下变动10%。
- 一个主要货币的汇率上下变动6%。
- 一个非主要货币的汇率上下变动20%。

如在第6章中所讨论的那样，市场变量一个微小变化所产生的影响可由Delta来描述，市场变量一个较大变化所产生的影响可由Delta及Gamma组合来描述。在以上所描述的情景中，市场变化量太大，我们不能再用希腊值来估计产品组合价值的变化。

17.1.2 涉及多个变量的情景

通常当一个市场变量有剧烈变化时，其他变量也有所变化，这一现象导致金融机构开始研发涉及多个变量同时变化的情景。一种流行的做法是采用市场变量在历史上曾出现过的极端变化情景。例如，为了检验美国股票价格的剧烈变化，某公司可以假定市场变量的变化等于1987年10月19日市场变量的变化（在这一天，S&P 500变化幅度达22.3个标准差）。如果这一变化太过极端，这家公司可以采用1988年1月18日的市场变化（这一天市场变化幅度为6.8个标准差）。其他可以选择的价格剧烈变化的日子为2001年9月11日，这一天恐怖分子袭击了纽约的世贸中心。另外一个可选日期为2008年9月15日，在这一天雷曼兄弟宣布破产。为了检验英国利率剧烈变动的效应，金融机构可以假定利率的百分比变化等于1992年4月10日的利率变化（在这一天10年期债券收益率的变化为8.7个标准差）。

有些市场情景对应于一天市场变化的幅度，而其他情景，尤其是涉及信用及流动性的变量，其变化对应于若干天、若干个星期甚至若干个月。在情景中考虑市场变量的波动率十分重要。一般来讲，当利率及汇率有剧烈变动时，其隐含波动率以及其他波动率也会增加。有些情景往往会涉及商品价格的剧烈变化，2008年9月22日，石油价格一天的变化幅度创历史最高纪录；1999年9月27日至28日，黄金价格上涨了15.4%。有些情景也许会涉及择优而栖现象以及随之而来的流动性枯竭，从而使信用溢差增大，这一情景对应于1998年8月俄罗斯对其债券违约，以及2007年8月当投资者对由次债而生成的证券化产品丧失信心的情形（见第16章）。

17.1.3 由管理人员所产生的情景

历史（交易市场）绝对不会一成不变地重复自身，部分原因是因为交易员熟知过去的危机，并引以为鉴来避免重复以前的错误。美国房屋市场导致了2007年开始的金融危机，将来的信用危机不太可能仍是由于按揭信用审批制度的松懈而触发，但无论如何，今后仍有可能会有信用危机的产生。

从多方面来看，压力测试中最有用的情景是由公司高管提出的。公司高管可以综合他们对市场、全球政治、经济环境以及当前全球市场的不定性来产生合理但会造成巨大损失的情景，有时管理人员产生的某些情景是基于历史事件，但这些事件往往是对当前金融及经济条件进行调节。

一种产生压力测试情景的方法是由一个由高管所组成的委员会定期集会，并通过头脑风暴的方式来回答以下一个简单问题："市场会出现什么预想不到的情景？" Clemens 及 Winkler 对这种委员会的最佳构成进行了研究[㊀]，他们的结论是：（a）委员会应由 3 ~ 5 个成员来构成；（b）委员会成员的背景应各不相同；（c）委员会成员之间应有一个健康的交流渠道。为了产生好的情景，一个重要的前提是委员会成员必须从他们的日常工作中抽出身来，从而对全局提出合理看法。

为了产生相关的情景，有时高管的想法并不一定要十分有创意。2005 年及 2006 年，许多金融评论员认识到美国市场正在经历一场泡沫，而这些泡沫迟早会破。当然我们现在很容易做事后诸葛亮，但在当时压力测试委员会可能会提出的一个合理情景，即全美范围内房价会下跌 10% ~20%。

公司高管及董事会都要懂得压力测试的重要性，做到这一点十分重要。公司高管与董事会成员要以压力测试为依据来做出战略决策。由公司高管来提出分析情景的一大好处是，这一做法很容易使高管认识到压力测试的重要性，而由公司中层管理人员所产生的情景往往不会得到高管的关注。

如果压力测试只是仅仅涉及少数（关键）市场变量，一种进行压力测试的方法是将没有被检验的周边变量（peripheral variable）的变化设为 0。另外一种进行压力测试的办法是首先假定被测试的关键变量（core variable）产生了剧烈变动，然后将周边变量对被测试的关键变量进行回归，这种回归可以预测周边变量的变化程度与被测试的关键变量变化程度的关系，最后将这些预测（以预测点或概率分布的形式）用于压力测试。这种压力测试方式被称为条件压力测试（conditional stress testing），最初由 Kupiec 提出[㊁]。Kim 和 Finger 进一步将这一想法推广到所谓的"断箭"（broken arrow）压力测试方法中，在分析中，他们假设关键变量与周边变量之间的相关性是以受压市场为基准的，而不是以过去的平均值为基准[㊂]。

17.1.4 完善压力测试情景

管理人员应该仔细检测压力测试情景，并要确认是否所有的不利情景均已被考虑，这些情景不但要包括市场变量对金融机构自身产品组合的即时效应（immediate effect），同时还要考虑市场变量对其他众多金融机构的冲击效应（knock-on effect），这些冲击对所有金融机构的效应往往类似，不同的金融机构从而会做出相似的反应。许多人声称，他们认识到美国房屋市场的泡沫会在 2007 年破裂，但是他们并没有认识到泡沫破裂的严重后果，也没有充分认识到许多金融机构会同时蒙受损失，从而造成市场的择优而栖现象并导致流动性问题，进一步触发信用溢差的巨幅增大。

另外一个关于冲击效应的例子是 1998 年长期资本管理公司（Long-Term Capital Management）的失败（见业界事例 15-1）。LTCM 的业务模式是持有流动性差的债券，并同时卖空流动性好的债券，LTCM 的破产是由于俄罗斯对自身债务违约而触发的择优而栖现象。市场产生择优而栖现象后，许多投资人只想买入流动性好的债券，流动性差与流动性好的债券回报率的差价显著增加。LTCM 认为自身已经进行了压力测试检验，并对择优而栖现象的冲击有了一定认识，但这些择优而栖现象是基于 1998 年之前所发生的情景，LTCM 没有考虑的恰恰是冲击效应。许多对冲基金交

㊀ 见 R. Clemens and R. Winkler, "Combining Probability Distributions from Experts in Risk Analysis", *Risk Analysis*, 19, 2 (April 1999): 187 -203。

㊁ 见 P. Kupiec, "Stress Testing in a Value at Risk Framework," *Journal of Derivatives*, 6 (1999), 7 -24。

㊂ 见 J. Kim and C. C. Finger, "A Stress Test to Incorporate Correlation Breakdown," *Journal of Risk*, 2, 3 (Spring 2000), 5 -19。

易策略与1998年LTCM的交易策略相似，从而当择优而栖现象产生后，它们也几乎在同时试图平仓自身的交易，平仓即意味着要变卖流动性差的证券，并同时买入流动性好的债券，这进一步加重了择优而栖现象，并使得市场条件比前期的择优而栖现象更为严重。

压力测试情景最好为动态形式。在压力测试中，管理人员要考虑被测试金融机构的反应，还要考虑其他金融机构对于同一压力测试的反应。例如，考虑一家卖出期权的金融机构，这里的期权与某基础产品有关，金融机构在交易中保持Delta中性。基础资产价格的大幅上升（或下降）会马上触发期权交易的损失（见6.7节），为了保持Delta中性，金融机构需要买入（或卖出）大量的基础资产，Delta对冲费用与资产价格变化的路径有关，从事压力测试的管理人员应考虑的最差情景是在期权满期前资产价格的巨幅振荡（即价格的大幅上升和下降）。

17.1.5 反向压力测试

反向压力测试（reverse stress testing）是指寻求导致重大损失的压力测试情景。这有许多做法，例如，当我们确认了10个重要的市场变量后，我们可以假定其他变量的变化与这10个变量的变化有一定的关系。我们可以采用标准算法以在10维空间中寻求会产生最大损失的变量组合的情景。

反向压力测试的缺点是，这一做法所得出的情景有可能不合乎情理，例如，反向压力测试可能求得两个变量会朝不同方向变动，而事实上，我们几乎可以确定这两个变量在受压市场条件下一定具有正相关性。即使如此，通过反向压力测试，金融机构可以求得那些高管没有充分意识到但会对金融机构产生灾难性影响的情景。

反向压力测试可以被压力测试委员会用来引发更多的讨论。在压力测试委员会集会之前，分析人员可以通过反向压力测试来求得几种会给金融机构带来灾难的情景，这些情景和委员会成员自身产生的情景将在压力测试委员会会议上加以讨论，委员会成员可以凭借自己的判断来排除那些分析员给出的不合理情景，并对其他一些情景进行修改来使其合理，然后对这些情景进行更深刻的研究。

例17-1

作为反向压力测试的例子，我们考虑以下情景，假定金融机构持有4份关于某资产的欧式看涨期权，资产价格为50美元，无风险利率为3%，波动率为20%，资产本身不提供任何中间收入。表17-1给出了交易头寸、执行价格、期限等信息。当前头寸的价值为-25.91（以1 000美元计）。DerivaGem应用软件可以用来寻求在哪种情景下，一天内资产价格的变化以及波动率的变化会产生的最大损失。在分析中假设当前资产价格介于40~60美元时，波动率介于10%~30%。

用DerivaGem软件以及Excel计算表的Solver功能，我们可以确定最差情景，即波动率降至为8%，资产价格降至45.99美元时，最大损失为289.38美元。通过反向压力测试，我们得出金融机构的最大损失对应于资产价格下跌8%而且波动率急剧下降的情景。

这个情景看起来不太合理，当资产价格下跌8%时，波动率不太可能会急剧下降，我们在使用Solver时可以将波动率的下限设定为20%而不是10%，这样我们可以求得相应的最差情景，即波动率为20%，资产价格下跌至42.86美元时，相应的最大损失为87.19（以千元为计）。

表 17-1

头寸（以1 000美元计）	执行价格（美元）	期限（年）	头寸价值（以1 000美元计）
+250	50	1.0	1 176.67
-125	60	1.5	-293.56
-75	40	0.8	-843.72
-50	55	0.5	-65.30
总计			-25.9

17.2 监管条例

巴塞尔委员会要求银行计算市场风险资本金的内部 VaR 模型时，要同时伴有“严格以及全面”的压力测试。与此类似，银行采用《巴塞尔协议》中的内部评级法（高级法和基础法）来计算信用风险资本金时，也必须同时通过压力测试来检验模型假设的合理性。

2009 年 1 月，巴塞尔委员会发行了征求意见稿[㊀]，此征求意见稿强调，银行在计算能够用于吸收市场巨大变动而触发的损失资本金变量时，要重视压力测试。征求意见稿指出，当市场条件持续温和一段时间之后，压力测试更为重要，因为在温和的市场条件下，市场参与者容易产生自满情绪。

征求意见稿强调公司最高管理层以及董事会在压力测试中应扮演重要角色，特别是，最高管理层及董事会应该积极参与压力测试管理，并积极参与制定压力测试的目标、定义压力测试情景、讨论压力测试结果以及对潜在应对措施进行评估，从而做出决策。征求意见稿指出，在 2007 年金融危机中表现好的银行是那些高管积极参与压力测试的开发以及运作，并同时以压力测试结果为基础制定战略发展策略的银行。压力测试必须针对银行的所有领域进行，而不是每个领域只进行自身的压力测试。

征求意见稿指出，2007 年以前压力测试的情景大多是基于历史数据，测试的幅度比市场下跌的幅度要低。征求意见稿对银行的建议有以下几个方面[㊁]。

1. 压力测试应成为一家银行整体治理和风险管理文化的组成部分。压力测试应具备可操作性，压力测试的相关分析结果应当用于管理层决策，包括董事会和高管层做出的战略性业务决策。董事会和高管层的参与对压力测试的有效实施至关重要。

2. 银行应开展压力测试，以便促进风险识别和控制，弥补其他风险管理工具的不足，改善资本和流动性管理，加强内部与外部的沟通与交流。

3. 压力测试应综合考虑银行内部各方的意见并采纳一系列不同的观点视角和技术。

4. 银行应制定书面的压力测试政策和流程。对项目的运作应进行适当的文档记录。

5. 银行应有一个稳健、强有力的基础设施，该设施应具备足够的灵活性以便适当开展不同精细度的、变化的压力测试。

6. 银行应定期维护和更新其压力测试框架，并定期独立评估压力测试项目的有效性和主要环节的稳健性。

7. 压力测试应覆盖全银行范围内各类风险和各个业务领域。银行应能有效地整合压力测试活动，以提供一个全银行全面风险情况的描述。

8. 压力测试应该涵盖包括前瞻性压力情景在内的一系列情景，旨在充分考虑和体现系统范围内部的相互作用和反馈效果。

9. 应该针对可能产生巨额损失或声誉受损所带来损失的事件开展压力测试。压力测试方案也应确定哪些情景会影响银行的生存能力（反向压力测试），从而可以发现潜在风险以及风险之间的相互作用。

㊀ See “Principles for Sound Stress Testing Practices and Supervision,” Basel Committee on Banking Supervision, Consulative Document, January 2009.

㊁ 在本节翻译过程中，译者参考了中国银监会发布的《稳健的压力测试实践和监管原则》。——译者注

10. 银行在整体压力测试方案中，应考虑同时来自融资和资产市场的双重压力，以及市场流动性下降对风险暴露估值造成的影响。

11. 风险缓释技术的有效性应接受系统性检验。

12. 压力测试方案应明确阐明，测试包括复杂和定制产品（bespoke product）。例如，证券化风险暴露。针对证券化资产开展的压力测试应考虑基础资产、受系统因素影响的风险暴露、相关合同安排、嵌入式触发条款、杠杆效应以及在发行结构中，证券受优先级水平的影响，等等。

13. 压力测试方案应包括时下运作（pipeline，即正进行中）和库存（warehousing）风险。一家银行应在压力测试中包括这类风险，而不考虑其被证券化的可能性。

14. 银行应改进压力测试的方法以反映声誉风险的影响。银行应将表外业务（off-balance-sheet）和其他相关实体的风险整合到其压力测试方案中。

15. 银行应改进其针对高杠杆交易对手的压力测试方法，考虑这些高杠杆交易对手对特定资产类别或市场运动的脆弱性，评估风险缓释技术中潜在的错向风险。

征求意见稿对银行监管当局的建议有以下几个方面。

16. 监管当局应该定期地综合评估银行的压力测试方案。

17. 当发现压力测试方案存在严重不足或者决策程序中没有充分考虑到压力测试结果时，监管当局应要求银行管理层采取整改措施。

18. 监管当局应当在范围和程度上，评估涉及对全行整体风险有影响的情景。监管当局可以要求银行使用特定情景，或者要求在银行继续运作受到威胁时（反向压力测试情景）对情景进行评估。

19. 在第二支柱下，监管当局应当把检查银行压力测试的结果作为银行内部资本充足性评估和流动性管理审查工作的一部分。监管当局评估资本和流动充足性时，应考虑前瞻性压力测试的结果。

20. 监管当局应考虑实施基于普遍情景的压力测试。

21. 监管当局应与其他公众部门及银行业开展建设性对话，识别出系统的薄弱环节。监管当局还应具备评估银行压力测试方案的能力和技巧。

监管当局面临的主要问题

银行监管人员要求银行要考虑极端情景，并且确保在不同情景下仍有足够多的资本金。很明显，银行希望监管资本金越低越好，所以银行管理人员不会主动考虑那些会触发监管人员提高其资本金的极端情景，正是由于这个原因，银行很自然会在分析过程中只考虑那些可以被淡化并且相对温和的情景。

一种克服这一弊端的方法是由银行监管人员对压力情景提出建议（巴塞尔委员会给出建议的第 20 条和第 21 条是朝这一方向的努力），这么做会给监管当局增加许多负担，但是，一旦情景被选定，其效果会使得银行关心的重点与监管当局关心的重点达到一致，特别是当监管当局发现许多银行进行风险相近的交易时，它们可以要求这些银行考虑同一组特殊的情景，来分析其对这些交易所带来的影响。由同一监管当局对整个系统选定压力情景会降低整个金融体系的系统风险（见业界事例 11-1 关于系统风险的讨论）。由监管当局提出压力情景也有缺点，监管当局之所以投入越来越多的精力于压力测试，部分原因是希望金融机构在压力测试上也投入更多精力，如果压力情景完全由监管部门来产生，那么监管部门的目的就可能不能完全达到，一种折中的做法是对银行管理部门及监管部门所生成的情景都进行检测分析。

监管人员所建立的压力测试检测系统并不一定总是能够达到其目的。业界事例 17-1 说明了这一点，该事例展示了监管当局对于欧洲人寿保险及养老基金公司定义了主要情景以后，有些公司

选择了对这些情景进行对冲，并且只对这些情景进行对冲[⊖]，这可能不是监管当局的初衷。压力测试中的每一个情景都应该被看做是可能会发生的一系列事件的代表，金融机构应该保证自身的资本金不只是为某一特定情景而设定，而是足以应对其他类似的情景。在业界事例 17-1 中，一种用于对冲红灯情景的极端做法是买入某种产品，该产品在股价跌幅介于 11% ~13%，同时利率下跌 65 ~75 个基点时提供回报，这种产品的费用很低，它提供了一种几乎是可笑的对冲策略，但它确实可以满足监管当局所设定的压力测试要求。

业界事例 17-1

交通灯期权

2001 年 6 月，丹麦金融监管局（Danish Financial Supervisory Authority，DFSA）引入一套类似于“交通灯”（traffic light）式检验公司财务健康状况的压力测试系统。在这一系统下，人寿保险及养老基金会每半年给出一个报告来说明事先定义的市场变量变化对于自身的影响。“红灯情景”（read light scenario）对应于利率 70 个基点的下降、股票价格 12% 的下跌以及房屋市场 8% 的下跌，在这种情景下，若某家公司资本金低于一定的水平，这家公司被分类为“红灯状态”（red light status），该公司要受到更为频繁的审查。公司每个月都要提供报告。“黄灯情景”（yellow light scenario）对应于利率 100 个基点的下降、股票价格 30% 的下跌以及房屋市场 12% 的下跌，在这种情景下，如果某家公司资本金低于一定水平，这家公司被分类为“黄灯状态”（yellow light status），每个季度要提供报告。当公司的资本金无论是在红灯情景还是在黄灯情景，都高于一定的水平时，公司被称为处于“绿灯状态”（green light status），公司只须每半年提供一次报告。在丹麦之后，欧洲的其他国家也引入了类似的管理过程。

为了保证人寿保险及养老基金处于绿灯状态，投资银行开发出一些特殊产品，这些产品被称为交通灯期权（traffic light option），在不同的交通灯（红灯和黄灯）情景下，这些产品提供回报，因此这些产品改善了金融机构的资本金形象。与其直接对冲利率、股价以及房地产市场的风险，金融机构可以买入在交通灯情景以及在所有 3 个变量出现剧烈振荡时提供回报的产品，这么做所触发的费用会较低（在实际中，因为监管的原因，大多数金融机构对房地产会有很小的风险暴露，同时金融机构所需要的在市场剧烈变动后产生回报的产品往往与利率和股价有关。）

对于某种不利情景实施简单、机械式的对冲并不可取。金融机构应该试图理解每一个压力情景所产生的不同风险，并采取有效的应对措施。风险管理并不是监管当局与金融机构之间的游戏。

17.3 如何应用结果

压力测试后一个最大的问题就是如何应用测试结果。市场上一种非常普遍的现象是压力测试结果常常被高管忽略，高管的一种典型态度是：“对呀，总会有一种情景给我们带来灾难，但我们不可能对所有的情景都加以防护。”一种应对这种态度的做法是（如前所述的）让高管提出压力情景的方式。高管好的态度应该是：“与这些情景相关的风险是否可以接受，如果不能接受，我们应该如何进行交易，以保证风险被控制在可以接受的范围内。”

⊖ 业界事例 17-1 的信息来自于 P. L. Jorgensen，“Tradffic Light Options，” *Journal of Banking and Finance*，31，12（December 2007）：3698 -3719。

高管及风险管理人员所面临的难题是，他们要面对两种反应不同情景的风险报告，一个报告是通过 VaR 模型来生成的，另一种报告是通过压力测试生成的，管理人员的决策应基于哪一个报告呢？一种很自然的倾向是利用 VaR 模型结果，因为 VaR 直接与监管资本金有关。

17.3.1 将压力测试与 VaR 计算进行结合

Berkowitz 指出，如果能做到将压力测试与 VaR 计算结合起来，那么压力测试会得到更多重视[㊀]。为了达到这一目的，我们可以给每个情景赋予一定概率。假定某金融机构考虑了 n_s 数量的压力测试情景，而这些情景所对应的总概率为 p，进一步假定有 n_h 数量的情景是由通过历史模拟来生成的，从而我们可以假定共有 n_s+n_h 数量的情景，其中 n_s 数量的压力情景的概率为 p，n_h 数量的历史情景的概率为 $1-p$。

不幸的是，人类并不擅长极端事件出现的概率估计，为了完成压力测试委员会的任务，一种合理的做法是对每个情景以概率进行分类，分类可能如下。

1. 概率 =0.05%，非常极端事件，每 2 000 个情景中出现一次。

2. 概率 =0.2%，非常事件，在一个具有 500 个情景的历史模拟法中，每一个情景都对应于这一概率。

3. 概率 =0.5%，小概率事件，这一分类中每一个事件发生的概率都大于历史模拟法中的 500 情景所对应的概率。

例 17-2

假定在第 12.1 节的例子中采用 5 个极端情景，这些情景所对应的损失（以千美元为计）分别为 235，300，450，750 及 850，对于每个情景所设定的主观概率分别为 0.5%，0.2%，0.2%，0.05% 及 0.05%，因此全部压力情景所对应的概率为 1%，这意味着我们将对由历史模拟所产生的情景设定了 99% 的概率。如果采用相同的权重，每个历史模拟情景所对应的概率为 0.99/500 = 0.019 8。表 12-4 也因此被表 17-2 取代，将损失由最差到最好进行排序，每个情景所对应的概率也从最差情景开始进行累积[㊁]，当置信水平为 99% 时，VaR 等于累积概率大于 0.01 的第一个损失量，在我们的例子中，为 300 000 美元。

表 17-2 例 17-2 的损失由最高到最低进行排序

情景	损失（以 1 000 美元计）	概率	累积概率	情景	损失（以 1 000 美元计）	概率	累积概率
s5	850.000	0.000 50	0.000 50	h349	251.943	0.001 98	0.012 92
s4	750.000	0.000 50	0.001 00	h487	247.571	0.001 98	0.014 90
h494	499.395	0.001 98	0.002 98	h131	241.712	0.001 98	0.016 88
s3	450.000	0.002 00	0.004 98	s1	235.000	0.005 00	0.021 88
h339	359.440	0.001 98	0.006 96	h227	230.265	0.001 98	0.023 86
h329	341.366	0.001 98	0.008 94	h495	227.332	0.001 98	0.025 84
s2	300.000	0.002 00	0.010 94	h441	225.051	0.001 98	0.027 82
				⋮	⋮	⋮	⋮

注：s_1，s_2……为压力情景；h_1，h_2……为历史模拟情景。

17.3.2 客观与主观概率

我们现在讨论不同形式的概率估计。客观概率（objective probability）是通过进行若干次实验

㊀ 见 J. Berkowitz, "A Coherent Framework fro Stress Testing," Journal of Risk, 2, 2 (Winter 1999/2000): 5 - 15.

㊁ 这种做法与将历史模拟法中设定权重的做法相同（见第 12.3 节的表 12-5）。

来观察某个事件出现的频率从而得出的概率。一个很好的例子是假定某个罐子中有红球和黑球，红球和黑球的比例为未知，我们想求得从罐子中抽取任意一球为红球的概率。为此，我们可以从罐子中随意抽取一球，并观察颜色，然后将球放回罐子中；然后我们再随机抽取一球，并观察颜色，又将球放回罐子中；我们可以持续地进行100次这样的实验，试验后发现有30次为红球，70次为黑球，我们由此估计出抽取红球的概率为0.3。不幸的是，对实际生活中的大多数客观概率的估计要远比以上给出的例子更为困难，因为实际生活中的事件在每次抽样中并不等同，同时抽样之间并不独立。

主观概率（subjective probability）是指该概率是通过某个人对某一特定事件发生机会的判断而设定。主观概率估计不是基于历史的数据，这一概率反映了一种信念程度。对于同样事件，不同的人可能会给出不同的主观概率。

给历史模拟情景所设定的概率为客观概率，我们给压力测试情景所设定的概率为主观概率。许多分析员不喜欢主观概率，因为这些概率并不是基于数据，另外不幸的是，金融机构可能是基于某种政治原因（political consideration）侧重于历史数据。假定你采用历史数据进行管理，如果管理出现失误，你可以将过错怪罪于数据，但是，假定你采用由一些人所估计的主观概率，如果管理出现失误，你可能会将过错归咎于那些提供主观概率的人。

但是，如果所有的概率估计仅仅局限于客观概率，风险管理无疑也只能做到回望型，这样我们也就不能充分利用高管的判断及特长。金融机构高管的职责就是要掌控机构本身的运作，从而设法避免灾难性风险。

17.4 小结

压力测试是风险管理过程的重要组成部分，压力测试促使金融机构考虑那些被VaR模型所忽略的但时常会发生的极端情景。一旦合理情景被审定后，金融机构可以采取措施，来减缓不利情景对于自身的影响。全面压力测试的优点是金融机构可以通过测试结果来了解产品组合中的风险特性。

我们可以采用几种形式产生压力测试情景，一种做法是假定某个市场变量会有剧烈变化，而其他变量保持恒定；另一种做法是利用市场变量在市场出现振荡时所对应的变化。最好的方法是由高管成立委员会，并利用自身的判断和经验来产生合理的极端情景。有时金融机构要进行反向压力测试，即利用计算机算法来求得对应大幅损失的情景。情景的设定要尽量全面，并且应包含最初的市场变化，以及冲击效应。2007年夏天开始的市场波动说明，冲击效应有时可能会非常严重，甚至会造成择优而栖现象的产生、信用溢差的增大以及市场流动性的枯竭。

监管人员要求银行自身要持有足够多的资本金以应对压力情景。对于欧洲的某些养老基金以及人寿保险公司（风险暴露主要是关于利率以及股价），监管人员给出了管理过程必须考虑的情景。

如果对极端情景设定主观概率，我们可以将压力测试与VaR模型结合到一起。虽然这一想法很好，但2009年1月巴塞尔委员会公布的征求意见稿仍没有采纳这一做法。

推荐阅读

Alexander, C., and E. A. Sheedy, "Model- Based Stress Tests: Linking Stress Tests to VaR for Market Risk," Working Paper, 2008, Macquarie Applied Finance Center.

Aragonés, J. R. , C. Blanco, and K. Dowd, "Incorporating Stress Tests into Market Risk Modeling," *Derivatives Quarterly*, 7(Spring 2001): 44 - 49.

Aragonés, J. R. , C. Blanco, and K. Dowd, "Stress Tests, Market Risk Measures, and Extremes: Bringing Stress Tests to the Forefront of Market Risk Management," in: *Stress Testing for Financial Institutions: Applications, Regulations, and Techniques* (D. Rösch and H. Scheule, eds.). London: Risk Books, 2008.

Basel Committee on Banking Supervision, "Principles for Sound Stress Testing Practices and Supervision," Consultative Document, January 2009.

Berkowitz, J. , "A Coherent Framework for Stress Testing," *Journal of Risk*, 2, 2(Winter 1999/2000): 5 - 15.

Bogle, J. C. , "Black Monday and Black Swans," *Financial Analysts Journal*, 64, 2 (March/April 2008): 30 - 40.

Clemens, R. , and R. Winkler, "Combining Probability Distributions from Experts in Risk Analysis," *Risk Analysis*, 19, 2(April 1999): 187 - 203.

Hua, P. , and P. Wilmott, "Crash Courses," *Risk*, 10, 6(June 1997): 64 - 67.

Kim, J. , and C. C. Finger, "A Stress Test to Incorporate Correlation Breakdown," *Journal of Risk*, 2, 3 (Spring 2000): 5 - 19.

Kupiec, P. , "Stress Testing in a Value at Risk Framework," *Journal of Derivatives*, 6 (1999): 7 - 24.

Taleb, N. N. , *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. New York: Random House, 2007.

练习题

17.1 解释3种不同的产生压力测试的做法?

17.2 什么是反向压力测试? 如何应用?

17.3 为什么监管环境会导致金融机构低估压力情景的冲击效应?

17.4 什么是交通灯期权? 其缺点是什么?

17.5 为什么高管要参与压力测试, 他们参与的方式是什么?

17.6 银行监管人员给出某些压力测试的优缺点各是什么?

17.7 解释主观概率和客观概率的不同, 在压力测试中, 我们应该采用哪一个概率?

17.8 在第12.1节例子中, 考虑7个压力情景, 这些情景所触发的损失（以1 000美元计）分别为240, 280, 340, 500, 700, 850以及1 050, 这些情景对应的主观概率分别为0.5%, 0.5%, 0.2%, 0.2%, 0.05%, 0.05%及0.05%。采用第17.3节中讨论的做法, 计算出的新的、展望期为一天的99% VaR。

17.9 假定例17.1中的4个期权头寸被改为200, -70, -120及-60。采用DerivaGem应用程序以及Solver来求取对应于一天, 盈利变化的最差情况。假定资产价格变化介于40~60美元, 波动率变化介于10%~30%。

作业题

17.10 以下变化对于例17-1中的最差情景有什么影响。(a) 期权为美式期权, 而不是欧式期权。(b) 期权为障碍期权, 其中当资产价格达到65美元时, 期权被敲出。用DerivaGem应用软件及Solver来求取盈利变化的最差情景。假定资产价格变化介于40~60美元, 波动率变化介于18%~30%。

17.11 采用第12.3节中的指数加权平行移动模型来对不同情景设定权重, 例17-2中的例子中的VaR结果会有什么不同?

CHAPTER 18

第 18 章

操作风险

银行监管部门在1999 年宣布的《新巴塞尔协议》中，增加了有关操作风险资本金的内容，这一举动在银行遭受到一定的阻力，某家著名国际性银行的总裁及首席执行官曾对监管部门的计划有这样一种评述“这是我看到的最为模糊的事情”，但是监管部门对此坚持不懈，他们指出，业界曾发生过至少 100 次损失数量超过 1 亿美元的操作风险损失，以下是对这些损失的分类。

- **内部诈骗：** 爱尔兰联合银行（Allied Irish Bank）、巴林银行以及大和（Daiwa）证券由于诈骗性交易而分别损失了 7 亿美元、10 亿美元及 14 亿美元。
- **外部诈骗：** 纽约共和银行（Republic New York Corp.）因为外部托管客户的诈骗行为而损失了 6.11 亿美元。
- **雇员行为及工作场所安全性：** 美林证券（Merrill Lynch）因为性别歧视触发法律纠纷而损失了 2.5 亿美元。
- **客户、产品以及业务行为：** 汇丰国际（Household International）因为不合法贷款行为损失了 4.84 亿美元；普天信金融公司（Providian Financial Corporation）因为不合法销售以及报价而损失了 4.05 亿美元。
- **对实有资产的破坏：** 纽约银行（Bank of New York）因为2001 年 9 月 11 日恐怖分子袭击造成的设施的损失高达 1.4 亿美元。
- **业务中断以及系统故障：** 所罗门兄弟（Solomon Brothers）因为更换计算技术而损失了 3.03 亿美元。
- **交易的执行、交付和过程管理：** 美洲银行（Bank of America）和富国（Wells Fargo）因为系统合并和交易处理过程中的错误分别损失 2.25 亿美元及 1.5 亿美元。

大多数银行对于操作风险已经制定了一定的管理框架，但是监管局对于操作风险资本金新的要求使得银行加大了对操作风险检测及监督等方面的投入。

同信用风险及市场风险相比，操作风险更加难以量化，管理难度也更大，对于信用风险及市场

风险银行有意识地承担一定量的风险，在市场上有很多产品可以帮助银行降低这些风险。与市场风险及信用风险不同，操作风险也注定是银行业务运作中一部分，在操作风险管理过程中最重要的任务就是首先对这一风险进行识别，然后再有的放矢地制定管理措施，在业务操作过程中，我们不可避免地会面临事先没有预见到的某种操作风险，而这些操作风险所带来的损失也往往是巨大的。

有些人可能认为真正摧毁巴林银行的因素是市场风险，因为是市场因素的变化使得银行遭受巨大损失，但是我们应该把巴林银行的事件归咎于操作风险，巴林银行的倒台完全是因为它自身的交易员尼可·利森的诈骗行为（尼可·利森以诈骗形式隐瞒了自身的头寸，为此他必须在新加坡入监几年）。假定没有诈骗行为，如果银行政策允许自己的交易员承担巨大风险，那么此时所对应的损失可以被归为市场风险，但是如果银行政策不允许交易员承担巨大风险，而交易员在风险控制过程中找到漏洞进行交易，这时交易员带来的损失应该被分类为操作风险。操作风险损失通常与市场变化有关，假如市场变化对利森有利，那么利森的交易不会触发损失，利森的诈骗行为以及巴林银行风险控制的漏洞也许可能永远不会被发现。

操作风险损失与保险公司的损失有某种可比性，保险公司面临的一些风险事件具备小概率大损失事件的特性，这些事件包括台风、地震及其他自然灾害，类似地，银行面临的操作风险也是小概率大损失，但这两种风险之间有一个很大的不同。当保险公司因为某种自然灾害遭受了很大损失时，这一自然灾害通常会影响到保险业中的所有公司，下一年的保险费可能会飞涨，价格的增长是为了弥补损失，而操作风险可能只影响某一家银行，因为银行业竞争激烈，银行在下一年无法增加服务费。

18.1 什么是操作风险

操作风险的定义多种多样，有人喜欢将操作风险定义为余留风险（residual risk），也就是说操作风险指除市场风险及信用风险之外的所有风险，为了估计操作风险数量，我们可以考虑财务报告并在盈利收入中扣除信用损失的影响以及由市场风险暴露带来的损益，剔除信用风险及市场风险内容后的收入浮动应归咎于操作风险。

大多数人认为这种操作风险的定义太宽泛了，这种定义中包括进入新市场、开发新产品以及经济环境等不同风险，而另外一种定义方式由操作风险名称延伸出来，操作风险是因为业务操作而触发的风险，包括交易运作错误、交付错误等触发的风险，但这种定义方式又太窄了，这种定义不包含类似“无赖交易员”（rogue trader）等主要风险。

操作风险分为内部风险和外部风险，内部风险是公司可以控制的那一部分风险，公司对自己的雇员可以有所选择，可以选择计算机系统、建立自己的风险控制政策等，有些人认为所有的操作风险都是内部风险，因此操作风险包含的内容比只是业务操作而触发的风险要广，操作风险包括类似无赖交易员及其他雇员的诈骗等许多内控失效等。

监管人员对操作风险的定义中不仅仅包括内部风险，监管人员认为由外部事件触发的风险也应是操作风险的一部分，这些外部事件包括某种自然灾害（如影响银行运作的火灾及地震等）、政治及监管风险（如一家公司在某个国家被勒令停业）、保安体系被侵犯等，以上列举的不同操作风险均被包含在巴塞尔银行监管委员会在2001年给出的操作风险的定义中：由不当或者失效的内部控制过程、人员和系统以及外部事件所造成的损失。这种定义中包括法律风险，但不包括声誉风险，以及业务策略所造成的风险。

有些操作风险可能会造成银行运作费用的增加或者银行收入的降低，某些操作风险与信用风险及市场风险有互动关系。例如，如果某项贷款有错误，损失通常只发生在对手违约的情形；当某个交易员超出了自己的交易额度并且错误地报告了自己的头寸，这时只有在市场变量对交易员不利时才会触发损失。

18.2 计算操作风险监管资本金的方法

银行可以采用三种不同的方法来计算操作风险监管资本金，第一种方法被称为基本指标法（basic indicator approach），在这种方法中，操作资本金等于过去3年毛收入的平均值的15%，这里的毛收入等于利率收入与非利率收入的和㊀㊁。另外一种较为复杂的计算操作资本金的方法被称为标准法（standardized approach），在标准法中银行业务被分成8个不同业务类别：企业融资，交易和销售，银行零售，商业银行，付款和交割，代理服务，资产管理，零售经纪。我们首先计算以上列举的每一条业务类别在过去3年毛收入的平均值与相应的Beta因子的乘积，然后对以上计算结果求和，最终结果即为操作风险资本金。表18-1展示了不同业务部门所对应Beta因子。计算操作资本金的第三个方法被称为高级测量法（advanced measurement approach，AMA），在这一方法中银行可以采用自己设定的定量及定性标准来计算操作风险监管资本金。

表18-1　标准法中的Beta因子

业务类别	Beta因子（%）	业务类别	Beta因子（%）
企业融资	18	付款和交割	18
交易和销售	18	代理服务	15
银行零售	12	资产管理	12
商业银行	15	零售经纪	12

巴塞尔委员会列举了银行采用标准法或AMA方法来计算操作风险资本金必须满足的条件，委员会期望国际上的大银行将来均采用AMA方法。采用标准法，银行首先必须满足以下条件：

- 银行必须设定专门的操作风险管理部门，这一部门的职责就是对操作风险进行识别、测定、监督以及控制。
- 银行必须对业务类别的有关损失进行记录，并且增强风险管理人员对改善操作风险过程的积极性。
- 在银行范围必须对操作风险损失有一个经常性的报告。
- 银行操作风险管理系统的文件说明必须充足。
- 银行的操作风险管理过程及检测系统必须经过内部审计人员的独立检验，同时也必须经过外部审计及监管部门的，或两个部门同时的独立检验。

如果想采用AMA方法，银行必须满足某些额外的要求，必须有能力在自身内部数据、外部数据以及情形分析的基础上对非预期亏损有所估计；必须有能力对不同的业务类别进行资本金分配，并且分配方式应给予业务部门某种动力来改善自身操作风险管理的能力。

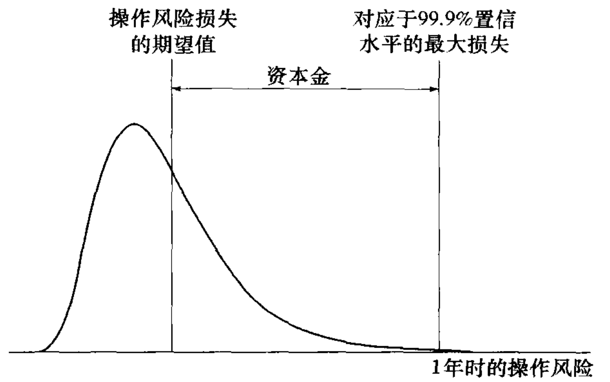


图18-1　计算操作风险的VaR

银行采用AMA方法来计算操作风险资本金这一目标与银行对信用风险定量化的管理目标可以进行类比，银行的最终目标是产生一个类似图18-1的损失分布。如果银行可以使监管人员信服他们计算出的操作风险的预期费用被包含在产品价格之中，那么资本金

㊀ 净利率收入等于由贷款所带来利息与支撑贷款的产品的应付利息之差。
㊁ 如果某年的毛收入为负，则被0取代。——译者注

自然就会用于覆盖非预期费用，在计算时所采用的置信水平为99.9%，展望期为1年。

18.3 操作风险的分类

巴塞尔银行监管委员会将操作风险分成7类[⊖]，它们是

- 内部诈骗（internal fraud）：这一类风险包括诈骗、财产挪用、规避法律条款和规定以及公司政策（排除涉及多元化以及多于一名公司内部人员的歧视事件），这类风险的实例包括风险头寸报告做假、雇员偷窃、利用自身账号来进行内部人交易（insider trading）等。
- 外部诈骗（external fraud）：这一类风险包括第三者的诈骗、财产挪用以及规避法律，这类风险的实例包括抢劫、证件伪造、支票连续透支以及计算机黑客等。
- 雇员行为及工作场所安全性（employment practices and workplace safety）：这类风险包括违反雇用协议、违反健康以及安全协议造成人员伤亡赔偿或者与多元性及歧视性有关的索赔，这类风险的实例包括工人工资的索赔、违反雇员健康制度、有组织的工会行为、歧视行为的索赔以及一般的索赔性事件（例如，某个客户在某分行滑倒后受伤而引发的索赔）。
- 客户、产品以及业务活动（clients，products，and business practices）：这类风险包括对于某些特定客户（关于诚信及适应性要求）的不经意或由于马虎而造成的职业错误，或者由于产品设计及产品特性而触发的错误，这类风险的实例包括违反诚信、滥用托管保密信息银行账户的不合法交易、洗钱行为以及售出没有法律拥有权的产品等。
- 对实有资产的破坏（damage to physical assets）：这一类风险包括由于自然灾害或其他事件而触发的对实有资产的破坏，也包括恐怖分子及流氓破坏、地震、火灾及水灾等。
- 业务中止以及系统故障（business disruption and system failures）：这一类风险包括业务中止以及系统故障等，实例包括硬件及软件的失效、通信故障以及停水及停电等。
- 交易的执行、交付和过程管理（execution，delivery，and process management）：这一类风险包括与交易对手以及供应商有关的交易过程及管理的失败，实例包括输入数据错误、抵押金管理错误、法律文件不完整、未经批准进入客户账号、非客户交易对手的不当行为以及与供应商的争端等。

银行所估计的VaR应包括$7\times8=56$种风险与业务类别的不同组合，我们可以将这些不同的VaR以21.5节讨论的方式合并为一个整体VaR。

18.4 损失程度和损失频率

对于估计操作风险的损失有两个分布非常重要，一个是损失频率分布（loss frequency distribution），另外一个是损失程度分布（loss severity distribution）。损失频率分布是关于在某个时间段（通常是一年）内观察到的损失出现的次数，而损失程度分布是指在损失事件出现后损失量的大小，通常我们假设损失频率分布与损失程度分布相互独立（尽管这种假设值得商榷）。

对于损失频率，采用的一个概率分布是泊松分布，在这一分布中，损失在各个时间段均随机并且在任意一个Δt的时间段内，损失出现的概率为$\lambda\Delta t$，在时间T有n个损失出现的概率为

$$e^{-\lambda T}\frac{(\lambda T)^n}{n!}$$

⊖ 请参考巴塞尔委员会关于银行的监管报告“Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk,” Bank for International Settlements，July 2002。

参数 λ 为单位时间内损失出现的平均次数，例如，在10年内损失出现了12次，对应的 λ 为每年1.2次，或每个月0.1次。泊松分布的期望值等于方差。

我们可以假定损失程度分布服从对数正态分布，[⊖]这一概率分布中采用的参数分别为损失的对数的期望值以及方差。

对于某个业务类别以及损失类型，损失频率分布与损失程度分布必须结合在一起以产生整体损失分布，计算方程应采用蒙特卡罗方法[⊜]，在以上我们曾提到，通常假定损失程度与损失频率相互独立，对于每一次模拟抽样，我们进行以下计算：

- 在频率分布中进行抽样，以决定损失事件（$=n$）的数量。
- 在损失程度中进行抽样 n 次以决定每次损失事件所对应的损失数量（L_1，L_2，…，L_n）。
- 计算整体损失（$=L_1+L_2+\cdots+L_n$）。

进行多次抽样后，我们可以得出整体损失分布。

图18-2显示了计算过程，在这一实例中预期亏损频率为每年3次，而损失程度为对数正态分布，损失对数分布的期望值被假设为0，损失对数的标准差被假设为0.4，这里的计量单位为百万，读者可以在作者网页上下载产生图18-2的Excel计算表。

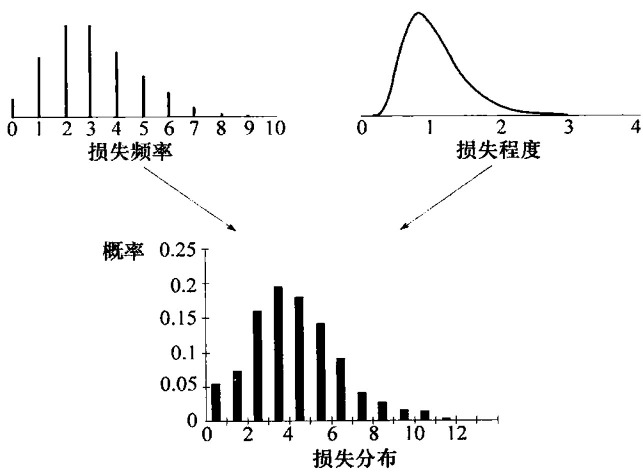


图18-2 由损失频率分布和损失程度分布来计算损失分布

18.4.1 数据的问题

不幸的是银行几乎没有什么历史数据来估测损失程度和损失频率分布，许多银行根本就没有保存自身的业务类别的不同操作风险损失数据，迫于监管部门的压力，现在银行开始收集这些数据，但采集到一定数量的数据还需要一定的时间。将信用损失数据同操作风险数据进行比较，我们会发现许多有趣的地方，传统上银行对于信用风险的记录要比操作风险做的好得多。另外，对于信用风险，银行可以依赖信用评级公司公布的大量数据来估测违约概率以及违约损失，操作风险数据采集在过去没有像采集信用风险数据那么系统化，这种现象产生的部分原因可能是银行认

⊖ 如果期望值大于方差，选择两项分布（binomial distribution）可能更为合理，如果期望值小于方差，选择负两项分布（negative binomial distribution）（与泊松分布的结合）可能更为合理。

⊜ 将损失程度与损失频率进行结合在概率上十分普遍，除了蒙特卡罗法，另外两种方法也较为流行，一种方法是Panjer算法，另一种方法是快速Fourier变换（fast Fourier transforms），请参考H. H. Panjer，"Recursive Evaluation of a Family of Compound Distributions，" *ASTIN Bulletin*，12（1981），22-29。

为自己的操作风险损失会影响自己的声誉，因此银行对这些损失会加以掩盖。

如同前面说明的那样，我们常常采用泊松分布来描述损失频率，并同时采用对数正态分布来描述损失程度分布。已知的历史数据通常被用来估计这些分布中的参数，银行应该尽量采集自身数据来对损失频率进行估计，对于损失程度分布，监管部门鼓励银行采用自身数据的同时也采用外部数据。外部数据的来源有两个：一个是银行之间共享的数据（保险公司之间分享损失数据的历史悠久，而银行对损失数据的分享刚刚开始）；另外一个渠道是由数据供应商系统采集的数据。

无论是利用内部数据还是外部数据都要对通货膨胀进行调节。另外，对于外部数据银行还必须进行规模调整，假如一家银行的销售额为100亿美元，而对应的操作风险损失为800万美元，这一数据应如何应用于销售额仅为50亿美元的一家银行呢？一个自然假设是当销售额为50亿美元时，操作风险损失就应该是400万美元，这种估计可能低估了操作风险损失。Shih等人的研究结果显示，直接以公司销售比例定出的风险量会低估操作风险损失的数量[⊖]，Shih等人开发出另外一种模型：

$$\text{银行 A 的损失估计} = \text{观测到的银行 B 的损失} \times \left(\frac{\text{银行 A 的销售额}}{\text{银行 B 的销售额}}\right)^{\alpha}$$

式中，$\alpha = 0.23$，这意味着我们例子中销售额为50亿美元的银行的相应损失估计大约为（以百万美元计）$8 \times 0.5^{0.23} = 6.82$。

在进行规模调整后，我们可以将与其他银行共享的数据同银行自身的数据进行合并，由此可以得出一个更大的有关损失程度分布的数据库，我们对数据供应商所提供的数据却不能这么做，供应商提供的数据含有一定的偏差，例如：

- 供应商一般只提供公开发表的大损失数据，损失量越大的事件被得以报道的可能性也越大。
- 内部系统控制较弱的公司在数据库里出现的可能性更大，这些公司遭受损失的次数较多，损失的数量也较大。

外部公开数据对于确定相对损失程度非常有用，假如，一家银行对于自己本行内部融资部门发生的诈骗案所造成损失的期望值及标准差有很好的估计，但是对于融资部门的外部诈骗和交易及销售部门的内部诈骗所造成的损失却没有太好的数据。假定对于融资部门内部诈骗的期望值及标准差分别为50 000美元及30 000美元，假定外部数据显示外部诈骗损失程度分析的期望值是融资部门内部诈骗损失程度的期望值的2倍，而融资部门外部诈骗损失程度分布的标准差是融资部门内部诈骗损失程度的1.5倍，在没有其他更好的选择下，银行可以假定自身的融资部门因为外部诈骗所造成的损失程度的期望值为 $2 \times 50\,000 = 100\,000$（美元），标准差为 $1.5 \times 30\,000 = 45\,000$（美元）；类似地，如果外部数据显示在交易及销售部门内部诈骗损失分布的期望值及标准差分别是交易及融资部门内部诈骗损失分布的期望值及标准差的2.5倍和2倍，银行可以假定自身交易及销售部门因诈骗所造成的损失分布的期望值为 $2.5 \times 50\,000 = 125\,000$（美元），标准差为 $2 \times 30\,000 = 60\,000$（美元）。

18.4.2 情景分析

因为历史数据比较难以获得，监管机构鼓励银行在采用内部及外部数据的同时，也采用情景分析来进行操作风险管理，这种管理方式涉及对可能发生重大损失的环节做出假设，这与第17章讨论的对市场和信用风险进行压力测试分析相似。

⊖ 请参考 J. Shih, A. Samad-Khan, and P. Medapa, "Is the Size of an Operational Loss Related to Firm Size," *Operational Risk*, January 2000。Shih的结果是否适应于法律风险非常有争议，我们常常看到一些大的法律纠纷的赔偿数量通常与银行的承受力有关。

一个由熟知公司业务的公司高管所组成的委员会应该负责产生分析情景，这些管理人员要对于每一个情景中的损失频率参数 λ ，以及损失程度参数做出估计，如17.3节所述，不同类型的情景应被定义，例如，

1. $\lambda = 0.0001$ ，该类事件在10 000次抽样中出现一次。

2. $\lambda = 0.001$，该类事件在1 000次抽样中出现一次。

3. $\lambda = 0.01$，该类事件在100次抽样中出现一次。

操作风险管理委员会可以将每个不同的情景划分为不同的类型，这里的情景与第17章中的分析有一个差别，我们在这里并不需要利用模型来确定损失，关于损失分布的参数应由委员会来估计，一种方法是由委员会来估计平均损失并确定在99%的置信度下，损失不会超出的高额损失（high loss）数量，一旦损失情景、概率及损失程度被确定后，一年展望期的99.9% VaR可以用蒙特卡罗方法来计算。

可幸的是，操作风险的环境变化不会像市场风险和信用风险环境变化那么快，产生操作风险情景的任务不会像产生市场风险和信用风险情景那么烦琐，但无论如何，高管需要对于我们以上描述的管理过程投入大量的时间。一个银行采用的情景通常与其他银行的情景类似，因此行业内的咨询顾问和行业协会可能会开发出一些标准情景，从某种意义上讲，这会减轻操作风险管理委员会的负担。但是，关于损失频率和损失程度的估计应该是与银行的特殊情况有关，这些估计值应反映银行风险控制现状同时也应反映银行的业务状态。

类似于市场和信用风险压力测试，产生操作风险压力情景的优点是，这一方法可以用于测定金融机构从来没有经历过，但可能会出现的损失情景。情景分析可以促成管理人员以某种主观及更有创造力的方式来管理将来可能发生的不利事件。这样做会带来许多好处，对于有些情景，银行可以事先制定政策以保证在不利事件发生时如何将损失程度控制到最小；而对于某些情景，银行可以主动提出预防措施来减少不利事件发生的概率。

18.5 前瞻性方法

风险管理人员应该积极地防御损失事件的发生，一种途径是监测其他银行的损失并从中吸取教训，2002年当7亿美元的“无赖交易员”损失发生在爱尔兰联合银行（Allied Irish Bank）的巴尔的摩子公司时，世界不同地区的风险管理人员应仔细分析了案例并且应该自问：“这种情况会发生在我们身上吗？”业界事例18-1是发生在20世纪80年代末的一个关于英国当地执法机关的故事，这一事件发生后触发了所有的银行开始检查当执法部门介入交易过程时所应采用的应对政策。

业界事例18-1

哈默史密斯和富勒姆的故事

在1987～1989年，英国伦敦郡的哈默史密斯和富勒姆（Hammersmith and Fulham）进入了面值大约60亿英镑、约600个的利率互换及相关交易，这些交易的目的不是为了对冲风险而是为了投机，对这些交易负有直接责任的哈默史密斯和富勒姆两个雇员对这些产品的交易风险及运作方式知之甚少。

截至1989年，由于利率的变化，哈默史密斯和富勒姆因为这些利率互换交易损失了数以百万计英镑，对于与哈默史密斯和富勒姆进行交易的银行而言，这些交易价值连城。此时银行对信用风险产生了担忧，因为为了对冲利率风险，这些银行已经与其他交易对手进行了反方向的利率互换交易，如果哈默史密斯和富勒姆违约的话，由于银行必须保持这些反方向交易的承诺，从而会蒙受损失。

但真正发生的事情并不是违约，哈默史密斯和富勒姆的审计部门认为利率互换

交易必须马上停止，审计部门认为哈默史密斯和富勒姆没有权利交易这些产品，英国法庭也同意了这一决定，这一纠纷在后来一直上告到英国的上议院（House of Lords），上议院的最后裁决为哈默史密斯和富勒姆没有权利交易这些互换产品，议会同时又裁定在将来如果是因为风险管理的需要，哈默史密斯和富勒姆有权利进行利率互换交易，无论如何，同哈默史密斯和富勒姆进行交易的银行对于这些合约被法庭中止而感到无比愤怒。

18.5.1 因果关系

操作风险管理人员应该对自己的业务决策和操作风险损失定义因果关系。银行应准备回答以下问题：雇员平均教育水平的提高是否可以减少将来交易过程中的错误？一个新的计算机系统是否可以减少系统故障而带来的损失？操作风险是否和雇员离职率有关？如果这两者确实相关的话，我们是否可以通过提高雇员留职率以减少操作风险的数量？我们是否可以通过清楚地划分雇员的职责以及改善交易员的交易动机来减小“无赖交易员风险”呢？

一种定义因果关系的方式是通过统计手段。如果我们检验了一家银行开展业务的12个不同地区，并且发现银行后台雇员的教育与交易处理中的错误有较强的负相关性，这时我们要进行一个以提高这些地区后台雇员教育背景为目的的成本效益分析（cost benefit analysis）。在某些场合，一个较为详细的损失分析也许能够使管理人员对问题有一个更深刻的认识。例如，如果有40%的计算机故障可以归咎于硬件的落后，这时我们应做一个硬件更新的成本效益分析。

18.5.2 风险控制自我测定和主要风险指标

风险控制自我测定（risk and control self assessment，RCSA）是银行试图了解自我操作风险暴露的一个重要方式，RCSA过程要求业务类别的管理人员对自己面临的操作风险进行识别，有时要采用由高级管理层设计的问卷（questionnaires）。

检测与理解操作风险的副产品就是所谓的主要风险指标（key risk indicators，KRI），风险指标是管理操作的重要工具。最重要的风险指标是前瞻性的，这类指标对于公司各个环节存在的操作风险提供了前期预警（early warning），实例包括雇员离职率及交易过程失败的次数。管理层希望通过这些指标发现问题并能够及时采取改正措施。

银行对操作风险进行量化非常重要，但更重要的是银行采取措施来对这些操作风险进行管理以及控制。

18.6 操作风险资本金的分配

在21.6节，我们对资本金分配给出了一个概述。操作风险资本金分配方式的出发点是应鼓励业务部门积极地增强自身的操作风险管理能力，如果一个业务部门能证明通过自身采取的措施减小了操作风险出现的频率以及损失程度，那么这一业务类别的资本金也就应该有所降低，这样一来会提高业务类别的资本金回报率（因此也会提高业务类别管理人员的分红）。

我们应注意到，有时无限制地降低操作风险对于管理过程来讲并不一定是最优，有时降低风险而带来的费用可能大大超过减少资本金数量所带来的好处，费用过分地提高也会减少资本金回报率，银行应该鼓励业务部门进行计算以决定自己需要的操作风险资本金，并设法优化自身的资

本金回报率。

对操作风险的检测以及对操作风险量的设定要保证业务线意识到管理自身操作风险的必要性，最好的结果是使操作风险管理成为风险管理人员日常工作的一部分。成功的管理操作风险过程的一个重要的目的是支持高级管理层的工作，巴塞尔银行监管委员会充分意识到了这一点，建议银行的董事会参与风险管理的决策过程并对风险管理过程进行定期检查。

得分卡方式

有些银行采用得分卡方式来分配操作风险资本金。在得分卡方式中，银行首先由专家来识别各种风险的主要来源，然后再对各个业务类别进行提问，通过这些提问银行可以决定各个业务类别的风险量大小，我们应该考虑的业务类别可能会多于由表18-1所列举的8个业务类别，这是因为对银行在世界不同地区的业务类别都要加以区分。得分卡上的问题可能是如下形式：

- 有多少关键部门的职务是由临时雇员来代理？
- 监督人员与雇员的比例是多少？
- 公司业务中是否会涉及客户保密信息？
- 部门雇员离职率是多少？
- 有多少个雇佣机会仍属空缺？
- 雇员工资中有多大的比例与业务表现有关？
- 雇员中有多少人曾经连续休过10天的假期？

对于每个答案都要设定分数，每一个业务部门所得的分数都显示了这一业务部门的风险大小，由此我们可以设定这一业务部门的资本金，在可能的情况下，对于得分卡的分数要以实际损失为基准进行验证。

18.7 应用幂律分布

在9.4节，我们引入了幂律分布定律，这一结果指出对于许多变量，以下关系式成立

$$\text{Prob}(v > x) = Kx^{-\alpha}$$

式中，v代表变量的值；x是v所取的一个较大的数值；K及α均为常数。在12.4节中讨论极值理论时，我们曾讨论过幂律分布的理论基础以及有关幂律分布参数变量的估计过程。

De Fountnouvelle 等人采用由外部供应商提供的数据证明了银行所经历的大规模损失服从幂律分布[㊀]，这一结果使得对于高置信度99.9% VaR的计算变得切实可行，应用内部数据、外部数据及第12章所讨论最大似然估计法我们可以计算出幂律分布中的参数，损失分布中第99.9%百分位数可以由式（12-6）估算得出。

当我们对损失分布进行迭加时，具有最肥尾部的分布往往最显著，这意味着幂律分布中对应最低的α变量的分布会决定整体损失分布的尾部极值[㊁]，因此如果在计算中我们仅仅是对整体操作损失的尾部极值感兴趣，那我们只需要考虑一两个业务类别与损失类型的不同组合。

㊀ 请参考 P. De Fountnouvelle, V. DeJesus-Rueff, J. Jordan, and E. Rosengren, “Capital and Risk: New Evidence on Implications of Large Operational Risk Losses,” Federal Reserve Board of Boston, Working Paper, September 2003。

㊁ 在第9章中，参数ξ与$1/\alpha$相等，因此具有最大ξ值的损失分布会决定尾部的极值。

18.8 保险

风险管理人员需要做的一项重要决策是决定对哪一类操作风险进行投保，保险公司对于不同形式的风险都有投保条款，这些风险类型包括火灾损失及无赖交易员损失等。当保险公司的资金负债表满足一定条件时，如采用 AMA 计算资本金可以通过在这家保险公司投保来减少资本金的持有量，在 3.7 节我们讨论了保险公司在设计保险产品时要面临的风险和逆向选择，在这一节我们将从操作风险的角度再次讨论这些问题。

18.8.1 道德风险

保险公司面临的风险之一是道德风险，这种风险是指银行持有合约时同没有持有合约时相比行为会有所改变，这种行为的变化会增大保险公司的风险。例如，一家银行对于抢劫做了投保，因此保险合约的存在可能使得银行对于自身的保安有所松懈，银行的做法使得抢劫同没有投保之前相比更加容易。

传统上保险公司采用多种不同的方式来应对道德风险，通常的做法是在保险合约中注明要收取一定的索赔赔偿折扣金（deductible），折扣金的存在意味着银行必须要首先承担一定的损失。保险公司有时也会采用“共保条款”（coinsurance provision）来应对道德风险，在这种方法中保险公司只承担超出应扣除款项后的赔偿数量的一个比例（小于 100%），另外对于赔偿数量同时也设定一定的上限，该上限是保险公司应付赔偿款的上限。让我们再考虑投保抢劫的那家银行，因为扣除款项、共保协议以及投保上限的存在，会使银行对自身的分行的保安不再掉以轻心。在业界事例 18-2 中我们将要讨论“无赖交易员”保险中的道德风险问题。

业界事例 18-2

无赖交易员保险

无赖交易员保险反映了道德风险的独特之处，一家贪图利益的银行可以买入这种保险来保护自己，同时放松对交易风险额度的控制。如果一个交易员以超额形式取得一笔盈利，这种结果对银行有利；但是如果交易员的交易带来损失，银行可以通过向保险公司索赔无赖交易员赔偿金来弥补损失，将保险折扣金、共保条款以及保险合约上限若干条件考虑在内以后，保险所带来的收益会小于交易员所造成的损失，但是无赖交易员超额交易所带来的可能损失要远小于可能的盈利，对于银行来讲这种超额交易仍然很划算。

考虑到以上问题，我们也许会惊奇地发现有些保险公司仍愿意提供无赖交易员保险。提供这类保险的保险公司会特别注重银行如何管理交易额度，保险公司往往要求银行不要向交易人员泄露保险条款的存在，通常保留自己对损失发生事件进行调查的权利。这里应该指出，从银行的角度来看，放松对交易额度的管理往往可能是目光短浅，银行可能发现“无赖交易员”索赔造成了今后保险价格的显著增长，另外，一个大额度“无赖交易员”损失（即使在投保后）也会造成对银行声誉的巨大损害。

18.8.2 逆向选择

保险公司面临的另外一个问题被称为逆向选择，这一问题是指保险公司无法判别什么是好的风险、什么是坏的风险。如果保险公司给每个人提供的保险价格都一样，这样会不可避免地吸引

更多的坏风险。例如，不具备良好内控系统的银行往往会购买“无赖交易员”保险，而有较好内控系统的银行往往会购买外部诈骗保险。

为了应对逆向选择问题，保险公司必须试图了解银行的内控过程和银行在过去所经历的损失。在做过最初风险评估以后，保险公司可能会就同一类保险对不同的银行有不同的报价。随着时间的推移，保险公司会收集到更多有关银行操作风险损失的信息，这时保险公司对于保单的收费有可能增加也可能减少，这一做法同保险公司卖出汽车保险时的做法没有什么不同，在汽车保险刚刚开始时，保险公司会尽量收集有关司机的信息，随着时间的推移，保险公司可以收集到更多有关司机风险（车祸次数、超速罚款次数等）的信息，随之保险公司可以以这些信息为基准来对保险价格进行修改。

18.9 《萨班斯－奥克斯利法案》

美国政府在2002年通过了《萨班斯－奥克斯利法案》（Sarbanes-Oxley），这一法案的通过在某种意义上是安然的垮台直接促成的，此法案给美国的金融机构及非金融机构的操作风险管理又提供了一个新的指导方针，此法案要求公司董事会成员投入更多的精力在公司的日常运作上，董事会必须对公司的内控进行监督并保证所有的风险均得以控制。

这一法案对上市公司董事会的构成提出了有关规定，同时也阐明了公司董事会的职责；这一法案赋予SEC对董事会进行审查及使董事会承担更多责任的权力；法案阐明某个公司的审计公司不能再给同一家公司提供任何重大的非审计服务[⊖]，审计公司必须采取循环制，董事会审计委员会对不同的财会管理规定要有所了解，公司的CEO以及CFO对审计报告要提供保证财务报告准确性的证词，如果公司的年终报告出现重大失误，公司CEO及CFO必须退还自己的奖金；萨班斯－奥克斯利法案同时对内部人交易、信息披露、给公司高管的个人贷款、公司董事的投资交易报告以及对公司董事的监督及控制都提出了有关规定。

18.10 小结

在1999年，银行监管部门提出了对操作风险设定资本金的意向，这促使银行对操作风险的检测以及管理进行认真思考。监管部门提出了7种不同的操作风险类型，同时又定义了8种不同的业务类别，并鼓励银行对56种业务及风险类型组合提供量化管理。

一种比较成熟的管理操作风险的方法是统计方法，这种处理操作风险的方法同保险精算中的方法非常类似，在量化过程中首先需要估计操作风险损失频率分布以及损失程度分布，然后将这两个分布结合在一起来产生损失分布，在可能的情况下损失频率分布以内部数据来进行估算，而对损失程度分布的估计可以通过内部数据及外部数据来取得。

外部数据有两个来源，第一个来源是通过达成某种数据共享协议来从其他银行取得；第二个来源是数据供应商采集的有关一些重大操作损失的公开数据。现在已经有越来越多的银行采用情形分析的形式来丰富自己的操作损失数据，这些情形往往由公司高管直接提出，并且采用主观判断来估计损失频率以及损失程度。

风险管理人员必须采取前瞻性的手段来管理操作风险，应该尽量去理解造成风险损失的来源，

⊖ 安然的审计公司安达信除了为安然提供审计外，还为安然提供许多其他服务，在安然倒台时，安达信也没有幸免。

并且开发出能反映公司不同部门操作风险水平的风险指标。

一旦对操作风险资本金进行估算后，我们还应该将资本金在不同业务类别进行合理分配，分配方式要尽量做到在不过分提高管理费用的前提下鼓励业务部门积极地减少操作风险。一种资本金的分配方式是采用得分卡方式。

第9章所讨论的幂律分布可以用于描述操作风险损失分布，幂律分布可以从实践数据出发并利用极值理论来检验损失分布尾部状态，将几种损失分布进行叠加时，尾部最肥的分布最引人注目，这一性态可以简化整体操作风险 VaR 计算的过程。

对于许多操作风险，银行可以进行投保，但是许多保险合约包括折扣金条款、共保条款以及保额上限条款，因此银行在购买保险以后仍需承担一定的损失，另外保险的价格也与保险索赔次数以及其他保险公司用于检测银行操作管理状况的指标数量有关。

银行对于操作风险（资本金）的检测以及分解过程仍然处在初级阶段，随着时间的推移，有关操作风险的数据也会有所增加，更为精确地描述操作风险的做法也会逐渐产生。操作风险有两个重要类型：高频率低损失和低频率高损失，对于第一类操作风险，我们比较容易量化，但操作风险 VaR 往往是由第二类操作风险来决定。

监管人员已经较为成功地使银行意识到操作风险的重要性，从许多角度来看我们都可以这么讲：操作风险给银行带来的好处不只是对操作风险计量，银行的真正受益之处在于对操作风险计量的过程，如果过程实施得当，将使银行管理人员操作方法更加关注，会加强风险管理人员对操作风险的认识。

推荐阅读

Bank for International Settlements, "Sound Practices for the Management and Supervision of Operational Risk, "February 2003.

Baud, N. , A. Frachot, and T. Roncalli, "Internal Data, External Data and Consortium Data for Operational Risk Management: How to Pool Data Properly, " Working Paper, Groupe de Recherche Opérationelle, Credit Lyonnais, 2002.

Chorafas, D. N. , *Operational Risk Control with Basel II: Basic Principles and Capital Requirements*, Elsevier, 2003.

De Fountnouvelle, P. , V. DeJesus-Rueff, J. Jordan, and E. Rosengren, "Capital and Risk: New Evidence on Implications of Large Operational Risk Losses, " Federal Reserve Board of Boston, Working Paper, September 2003.

Lambrigger, D. D. , P. V. Shevchenko, and M. V. Wüthrich, "The Quantification of Operational Risk Using Internal Data, Relevant External Data, and Expert OPinion, "*Journal of Operational Risk*, " 2, 3(Fall 2007): 3 – 28.

Netter, J. , and A, . Poulsen, "Operational Risk in Financial Service Providers and the Proposed Basel Accord: An Overview," Working Paper, Terry College of Business, University of Georgia.

Van Den Brink, G. J, *Operational Risk: The New Challenge for Banks*, Basingstoke, UK: Palgrave, 2001.

练习题

18.1 监管人员对于操作风险的定义都包括哪些风险？哪些风险不在定义之内？

18.2 假定一外部数据显示，一个年毛利收入为10亿美元的银行的操作损失为1亿美元，你所在的银行的年毛利收入为30亿美元，那么你所在银行由外部数据隐含的操作损失的估计为多少？

18.3 假定一种操作损失的数量不超过2 000万

美元的概率为 90%，幂律分布参数 α 为 0.8，损失不超过以下数量的概率分别为多少？(a) 4 000 万美元，(b) 8 000 万美元，(c) 2 亿美元。

18.4 请讨论道德风险以及逆向选择问题在汽车保险中是怎样处理的？

18.5 请举出萨班斯－奥克斯利法案对上市公司 CEO 的两个影响。

18.6 在什么情况下交易风险可划分为市场风险？在什么情况下交易风险可划分为操作风险？

18.7 请讨论在保险合约中是否有 (a) 道德风险及 (b) 逆向选择问题。

18.8 什么是外部损失数据？这些数据是如何取得的？如何应用这些数据来决定一家银行的操作风险？

18.9 哪些分布经常被应用于损失频率及损失程度分布？

18.10 请列举银行中心操作风险部门采用的主要风险指标。

18.11 在作者网页上可以下载生成表 18-2 的计算表，损失分布的期望值及标准差分别等于多少？改变模拟数据，找出损失频率由 3 变为 4 对于损失分布的影响。

作业题

18.12 假定某银行操作风险损失小于 1 000 万美元的概率为95%，请采用幂律分布求出 α 分别等于以下数值并对应于 99.97% 概率损失的最大值：(a) 0.25，(b) 0.5，(c) 1.0。

18.13 考虑以下两个事件：(a) 某银行因为与某交易对手的交易而触发突如其来的法律纠纷，法律纠纷带来的损失量为 10 亿美元；(b) 由于得克萨斯州突如其来的飓风使某家保险公司损失了 10 亿美元，假如你同时持有这家银行及这家保险公司的股票，这时你对哪项损失更为介意？为什么？

18.14 在作者的网页上可以下载生成表 18-2 的计算表，损失程度为贝塔分布对于损失分布的影响是什么？这里贝塔分布的参数上限等于 5，下限等于 0，其他参数均等于 1。

CHAPTER 19

第 19 章

流动性风险

对金融机构和监管人员来讲，在2007年中期开始的信用危机强调了流动性风险管理的重要性。当投资人丧失对金融机构的信心时，许多依赖于交易市场取得资金的银行经历了运作危机。进而，金融机构发现，在危机后，他们持有的许多曾具有流动性的产品，只能以大甩卖的价格出售。

区分有偿还能力（solvency）与流动性（liquidity）的不同十分重要。有偿还能力是指公司的资产大于负债，因此公司的净价值为正；流动性是指在指定付款日，银行有足够现金进行支付。一个有支付能力的银行有时可能因为流动性问题而破产。考虑一家银行，其资产大部分是由流动性不好的按揭贷款构成，假定资产融资的90%来自于存款，10%来自于股权，银行有支付能力，但如果市场上出现挤兑现象，假定有25%的存款人突然想抽取资金，这很有可能会造成银行破产。本章我们将讨论英国一家经营按揭贷款的银行，即北岩银行因流动性问题而解体的过程。

金融机构应谨慎管理流动性风险，这一点显然很重要。金融机构的流动性需求具有不定性，因此必须对流动性的最糟糕情形进行估测，并应该确保在最糟糕的情况下，仍能通过将资产转为现金，或通过外部拆借的形式来取得现金以确保生存。

在交易过程中，确保流动性也非常关键，一个流动性好的资产头寸是指在一个短时间内可以变卖的头寸，当一个资产的流动性变差时，因为买卖价差的增大，交易员往往会蒙受损失。对于期权和其他衍生产品，非常重要的一点是衍生产品的基础产品市场应具有良好的流动性，因为只有在这个前提下，交易员才能进行日常交易，并维持自身的Delta中性（见第6章）。

本章我们将讨论流动性风险的不同方面，我们将讨论交易流动性风险（liquidity trading risk）以及融资流动性风险（liquidity funding risk），我们还将讨论所谓的“流动性黑洞”（liquidity black holes），流动性黑洞是指由市场的震荡所造成的流动性枯竭的现象。

19.1 交易流动性风险

假定一家金融机构持有100股、1 000股、10 000股甚至100 000股IBM股票，这时流动性不

会是一个大问题，因为纽约股票交易中心每天有数以百万计的IBM股票交易，市场给出的报价与金融机构可以卖出的价格没有太大的不同。但是，并非所有的资产均可以轻易地转为现金。例如，要想要在一天内以市场价格出售价值1亿美元的一个非投资级美国公司的债券，就不太容易，新兴市场的公司股票和债券可能更难以变卖。

一个特定资产的出售价格取决于以下因素：

- 资产的中间价格，或关于其价值的估计；
- 资产被出售的数量；
- 资产被变卖的速度；
- 经济条件。

当一个市场做市商对一个金融资产给出买入价和卖出价时，金融机构能够以给出的买入价和卖出价来买入或卖出一定小数量的资产。但是，做市商给出的价格只适用于一定数量。在一定数量之上，市场做市商会提高买卖价差，这是因为，当交易数量增大后，对风险暴露的对冲也会变得更加困难。

当一个金融产品没有做市商时，市场上仍会有一个隐含的买卖价差。如果一家金融机构想同另外一家金融机构进行交易（也许是中间商），产品交易价格取决于金融机构买入或卖出头寸，买卖价差可能介于资产中间价的0.05%～5%，甚至高达10%。

买卖价差与交易数量有关，买方报价及卖方报价与交易数量的关系如图19-1所示，当交易数量增大时，买入价会逐渐降低，卖出价会逐渐增大。对于某种产品，如果市场上有做市商，买入卖出价会在一定交易数量之内保持平行，交易数量超出一定范围以后，买入卖出价会逐渐分离。

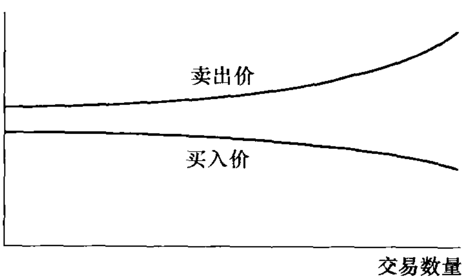


图19-1 买入卖出价作为交易数量的函数

图19-1描述了大型金融机构之间的市场运作，有趣的是零售市场的买卖价差会出现与图19-1相反的图形，例如，某人想在某银行的支行买入外汇或将资金投资90天，当交易数量增大时，他也许会拿到更好的报价。

一个资产所能实现的价格取决于资产变卖的速度和市场条件。假定你想卖出住房，有时市场环境为“卖方市场”（seller's market），当你刚刚将房屋投入市场，你可能会同时拿到几个报价，也许你在一周内就能将房子卖掉。在其他市场，也许你要花6个月或更长时间才能将房子卖掉。在第二种情形，如果你想马上将房子卖掉，也许你所能得到的价格会远远低于市场估价。

金融资产与房地产有相似之处，有时市场流动性很差（例如，1998年俄罗斯违约后，或2007年次贷危机后），这时即使变卖很小数量的资产也会花很长时间，甚至根本卖不出资产。在其他情形，市场流动性很好，即使卖出较大数量的资产也不会出现什么问题。

市场上的金融资产问题之一是，当某家金融机构因某种原因想对某种头寸进行平仓时，其他金融机构常常也想做出类似举动，因此正常市场存在的流动性可能会瞬间蒸发，随之会产生“流动性黑洞”，我们在本章以后的内容中将对这一现象进行讨论。

19.1.1 透明度的重要性

市场参与者从2007年信用紧缩中所得到的一个教训是流动性的重要性，如果一个资产的特性具有不定性，那么这个资产的流动性也不会持续很久。

如第16章所示，在2007年以前，市场上非常流行将次级贷款、信用卡应收款项（credit

receivable）和其他资产进行打包，并以份额的形式将信用风险出售。2007年8月以后，市场参与者意识到自身对抵押资产组合知之甚少，而且很难取得关于抵押资产组合的信息，当某些抵押资产本身也是某种份额资产时，情形变得更加糟糕。当市场参与者意识到自己错误地将信用评级作为交易产品基础资产的信息时，为时已晚。

2007年8月以后，由次级按揭贷款生成的债券的流动性消失，金融机构没有能力对自己几个月前争先买入的债券进行盯市计价，金融机构意识到对自身买入的高度复杂的信用衍生产品没有定价能力，他们既没有必要的模型，也没有足够关于衍生产品交易组合基础资产的信息。

其他定义完善的信用衍生产品，例如信用违约互换，在2007年信用紧缩后一直在市场上进行交易。由此我们得出的教训是：市场有时会被一些不透明的产品迷惑，但是，一旦市场醒悟过来，这些产品的流动性随即会消失，当这些复杂产品再次交易时，买卖价差可能会很高。如第16章所述，美林曾在2008年7月以每1美元面值只值22美分的价格卖给了孤星基金数量达306亿美元的ABS CDO份额交易组合（这些产品曾被评为AAA信用评级）。

19.1.2 流动性检测

一个资产的买卖价差比率（proportional bid-offer spread）可被定义为

$$s=\frac{\text{卖出价}-\text{买入价}}{\text{市场中间价}}$$

分母中的市场中间价等于买入价与卖出价的平均值。当对某资产的一个头寸进行平仓时，金融机构付出的费用为$\frac{1}{2}s\alpha$，其中α为头寸的货币价值（dollar value，中间市场），这反映了市场交易并非是建立在中间市场价格这一事实，买入资产交易的价格会按$\frac{1}{2}s$的比率高出市场中间价；卖出资产交易的价格会按$\frac{1}{2}s$的比率低于市场中间价。

一种检验交易组合流动性的手段是计算在一定的时间段，在正常市场条件下，对交易组合进行平仓的费用。假定s_i为某金融机构持有的第i个产品的买卖价差比率，α_i为相应头寸的货币价值，因此

$$\text{平仓费用(正常市场条件下)}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2}s_i\alpha_i \qquad (19\text{-}1)$$

式中，n为头寸的总数量。注意，虽然产品的多元化会减少市场风险，但多元化并不一定会自动减弱交易流动风险，如前所述，随着第i个头寸的增大，s_i会有所增大。持有许多小的头寸而不是一个大的头寸会降低流动性风险，设定关于头寸的额度（position limit）是降低交易流动风险的一种手段。

例19-1

假定一家金融机构买入1 000万股某公司的股票，并同时买入了5 000万盎司某种商品。每股股票价格的买入价为89.5美元，卖出价为90.5美元；每盎司商品的买入价为15美元，卖出价为15.1美元。股票头寸的中间市场价值为90×1 000万=9亿（美元）；商品头寸的中间市场价值为15.05×5 000万=7.525亿（美元）。股票的买卖价差比率为1/90，即0.011 11；商品的买卖价差比率为0.1/15.05，即0.006 645，正常市场的平仓费用为（以百万美元计）

$$900\times0.011\,11/2+752.5\times0.006\,645/2=7.5$$

即750万美元。

另外一种检验流动性的方法是计算在一定时间区间内，在受压市场条件下的平仓费用。定义

μ_i 和 σ_i 为买卖价差比率的均值和标准差，因此

$$平仓费用(受压市场) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2}(\mu_i + \lambda_i\sigma_i)\alpha_i \tag{19-2}$$

参数 λ_i 定义了差价的置信区间。例如，如果我们想求得在“99%的最差情形”下，即买卖价差只有在1%情形下被超出的情况下的平仓费用，假定价差服从正态分布，那么对于所有的 i，$\lambda_i = 2.33$。

例19-2

假定在例19-1中的买卖价差的均值和标准差分别为1.0及2.0，我们进一步假定商品买卖价差的均值和标准差均为0.1。股票买卖价差比率的均值和标准差分别为0.011 11及0.022 22，商品买卖价差比率的均值和标准差均为0.006 645。假定价差均服从正态分布，在99%的置信程度下，平仓费用不会超过以下数量（百万美元）

$$900 \times \frac{1}{2}(0.011\,11 + 2.33 \times 0.022\,22)$$
$$+ 752.5 \times \frac{1}{2}(0.006\,645 + 2.33 \times 0.006\,645)$$
$$= 36.62$$

即3 662万美元。这一费用几乎是正常市场条件下平仓费用的5倍。

在实际中，买卖价差并不服从正态分布，参数 λ 需要加以修正以便反映实际分布。例如，对于某类金融产品，如果我们发现99%的分位数与均值的差距等于3.6倍的标准差，对于这些产品，λ_i 应被设定为3.6。

在式（19-1）假定所有产品的价差之间有完美的相关性（即全相关），这一假设看起来有些过分保守，但实际情况并非如此。当流动性较差，买卖价差较大时，所有产品价差均趋向于高度相关。

对于金融机构而言，通过式（19-1）及式（19-2）的方式来定期检测流动性的变化非常有意义，正如我们看到的那样，买卖价差确实与平仓头寸的数量有关，由式（19-1）及式（19-2）定义的度量是平仓时间长度的一个递减函数。

19.1.3 经流动性调整的风险价值度

我们在第8章、第12章和第13章中讨论的风险价值度是为了估算银行交易账户在盯市计价前提下，对应于“最糟情况”下的损失程度。式（19-1）和式（19-2）是为了计算当市场价格不变时，对交易组合进行平仓所需的费用。虽然风险价值度及流动性风险是为了检验不同的风险，有些研究人员提出了经流动性调整的风险价值度（liquidity adjusted VaR）这一概念。假定20.1节讨论的产品定价是基于中间市场价格的基础上，一种定义经流动性调整风险价值度的做法是由常规的VaR加上正常市场平仓交易组合的费用。由式（19-1）出发，得出

$$经流动性调整的\ \mathrm{VaR} = \mathrm{VaR} + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2}s_i\alpha_i \tag{19-3}$$

另外一种做法是，定义经流动性调整的风险价值度为常规VaR加上在受压市场下平仓交易组合的费用，即[⊖]

$$经流动性调整的\ \mathrm{VaR} = \mathrm{VaR} + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2}(\mu_i + \lambda_i\sigma_i)\alpha_i$$

⊖ 该方法在以下文章中给出：A. Bangia, F. Diebold, T. Schuermann, and J. Stroughair, “Liquidity on the Outside,” *Risk*, 12 (June): 68-73。

19.1.4 优化平仓

一个交易员想对一个持仓数量较大的金融产品进行平仓，一定要做出最佳交易决策。如果平仓太快，交易员将面临很大的买卖价差；但如果因交易员决定花几天时间来对交易平仓，交易员所面临的买卖价差会低一些，但是，他所面临的由于中间市场价格变动而触发的潜在损失会大一些。

Almgren 和 Chriss 在他们的文章中讨论过这一问题[⊖]。假定某交易员想在 n 天内对 V 个单位数量的头寸进行平仓。定义在一天内，交易员交易 q 单位数量债券的买卖价差为 $p(q)$（以每单位美元价格计量），q_i 为在第 i 天的交易量，x_i 为第 i 天末交易员的头寸，$1 \leqslant i \leqslant n$。由此得出，$x_i = x_{i-1} - q_i$，$1 \leqslant i \leqslant n$，其中 x_0 等于最初的头寸数量 V。

每一个交易的费用为买卖价差的一半，买卖价差带来的整体费用为

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2} q_i \cdot p(q_i)$$

假定中间市场价格的变化服从正态分布，每天变化标准差为 σ，假定交易均发生在每天的开始，交易员头寸在第 i 天变化的方差为 $\sigma^2 x_i^2$，因此由于平仓所带来的价格变化的方差为

$$\sum_{i=1}^{n} \sigma^2 x_i^2$$

在考虑交易费用后，交易员可能对 VaR 进行极小化。被极小化的目标函数与式（19-3）定义的经流动性调节的 VaR 有些相似，交易员的目标是选择 q_i，并在 $\sum_{i=1}^{n} q_i = V$ 的条件下，使得

$$\lambda \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_2 x_i^2} + \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2} q_i \cdot p(q_i)$$

达到极小。如上所述，x_i 是通过 V 和 q_i 来求得，参数 λ 是用来定义 VaR 估计值中的置信区间。例如，在每天价格变化为正态的假设前提下，当考虑 99% 的置信水平时，$\lambda = 2.33$。一旦估计出函数 p（q），我们可以采用 Excel 中的 Solver 功能来对目标函数进行优化。

例 19-3

假定某交易员在 5 天内想将 1 亿单位的某资产头寸进行平仓，假定以美元计，买卖价差与每天交易量的函数关系为

$$p(q) = a + be^{cq}$$

式中，$a = 0.1$，$b = 0.05$ 及 $c = 0.03$，这里 q（以百万单位为计）为交易数量。

每天价格变化的标准差为 0.1，在作者网页上，读者可以下载一个计算优化交易策略的计算表。当置信区间设定为 95%，第 1 天、第 2 天、第 3 天、第 4 天、第 5 天的交易量分别为 48.9，30.0，14.1，5.1 和 1.9（均以百万计）。当 VaR 置信区间减少时，每天交易量变化的幅度也会变小。例如，当置信区间设定为 90% 时，每天交易量分别为 45.0，29.1，15.6，7.0，3.3（以百万计）；当置信区间设定为 75% 时，交易量分别为 36.1，26.2，17.7，17.6，8.4（以百万计）。对于置信区间小于 50% 的极限情形，交易员只对预期费用感兴趣，而不再关心费用的标准差，这时，交易员每天需要交易 2 000 万单位的资产。

表 19-3 说明，当头寸需要在 n 天内平仓时，有超过 $1/n$ 的资产需要在第 1 天内交易，这是因为持有头寸的期限越长，市场超不利方向变化所带来风险也会越大。

⊖ 见 R. Almgren and N. Chriss, "Optimal Execution of Portfolio Transactions," *Journal of Risk*, 3 (Winter 2001): 5 – 39.

19.2 融资流动性风险

我们接下来考虑融资流动性风险，这种风险是当金融机构为了满足现金要求时而产生的。在本章前言中，我们曾指出流动性不同于偿付能力，一个有偿付能力（即股权值为正）的金融机构因为流动性困难也可能会破产，英国的一家按揭贷款商的破产就说明了这一点（见业界事例19-1）。

业界事例19-1

北岩银行

英国北岩银行成立于1997年，当时北岩建筑协会（Nothern Rock Building Society）在伦敦股票交易所发行股票，从而促成了北岩银行的创立。2007年，北岩银行已经进入英国按揭提供商的前5名，当时北岩银行已有76家分行，其服务包括提供存款账号、储蓄账户贷款、住房及财产保险。这家银行在1997～2007年进步显著，该银行发行的部分按揭被通过其在开曼群岛注册的子公司Granite进行了证券化。

支撑北岩银行出售债券产品的资金有75%来自于交易市场。自2007年8月次贷危机后，银行发现自身很难再通过发行证券来取代已到期的证券，这是因为机构投资者不愿意借资金给那些在按揭业务中涉足太深的银行。当时，银行资产足以偿还负债，北岩银行没有丧失偿还能力。英国金融监管局（FSA）在2007年指出“FSA断定北岩银行具有偿付能力，资本金持有量超出监管资本金的要求，并且其贷款组合的质量很好。”但北岩银行不能筹得资金，这给运作带来了严重问题。北岩银行在2007年9月12日向英格兰银行求救，并在接下来的几天内，向三方监管部门（Tripartite Authority），即英格兰银行（Bank of England）、金融监管局（Financial Services Authority）以及政府财务部（HM Treasury）借入了30亿英镑的资金。

2007年9月13日，英国广播公司（BBC）的编辑Robert Peston发布消息，声称北岩银行已经向英格兰银行寻求紧急救助，9月14日星期五，北岩银行出现了挤提现象，数以千计的北岩银行客户排长队提取资金，这是150年来首次出现的英国银行挤提现象，北岩银行的某些客户持有“仅网络（internet only）”账户，因为网络流量的限制，这些客户不能够上网提取资金。9月17日星期一，忧心忡忡的存款人继续提取资金，据估计，2007年9月12日到9月17日客户提取资金的总量达20亿英镑。

英国存款保险对客户的前2 000英镑有100%的保障，对数量在2 000英镑以上，而在33 000英镑以下的存款有90%的保障。2007年9月17日晚间，英国财务大臣Alistair Darling宣布，英国政府和英格兰银行将保证北岩银行客户所有存款的安全，在这一消息公布后，英国报纸进行了大量宣传，北岩分行外的长队才逐渐消失，在Darling先生的消息公布之后，北岩银行股票自从年初价格12英镑跌至2.67英镑后，回升了16%。

2007年9月12日以后的几个月内，北岩银行寻求的紧急救助资金大幅增加，英格兰银行坚持对北岩银行的资金施以惩罚性利率，这样做是想告诫其他银行不要承担额外风险，英格兰银行对担保物的要求也十分严格。截至10月份，北岩银行所需资金的数量达160亿英镑，这时对担保物要求有所降低。之后，维珍集团（Virgin Group），由传奇人物理查德·布兰森爵士（Sir Richard Branson）执掌）和一些其他公司提出了收购北岩银行的申请，但所有这些申请均被拒绝。北岩银行通过变卖资产的形式取得了一些资金，但到2008年2月为止，紧急救助资金的需求已高达250亿英镑，这时英国政府宣布将北岩银行国有化，银行的管理团队被更换。

北岩银行的故事说明流动性问题可以使得一家银行在短时间内陷入崩溃边缘。

有的现金需求具有可预测性，例如，当一家银行发行证券，银行本身知道券息的支付时间。在其他情形，例如，零售客户提前提取资产，或企业使用银行给出的信用额度时，流动性的可测性相对较小。当金融机构买入复杂产品后，有时对现金的需求预测会变得更加困难。例如，金融机构提供的信用触发条款（见第15.2节及业界事例15-2），及衍生产品中对手的破产均会对现金资源产生难以预料的影响。

前面所述的融资流动性风险与交易流动性风险息息相关，这是因为金融机构可以通过变卖其交易账号中的资产形式来满足融资要求。

19.2.1 流动性的来源

金融机构的流动性主要来源如下：

- 持有现金和随时可以被转化为现金的短期国债。
- 变卖交易资产的能力。
- 短时间内在交易市场借入现金的能力。
- 短时间内提供有利的条款以吸引零售存款的能力。
- 短时间内将资产（例如贷款）进行证券化的能力。
- 由中央银行借入资金。

19.2.2 流动性资产

现金和有价证券是相对比较昂贵的流动性资产，这是因为随时被转化为现金资产挣取的收益比其他流动性较差的资产挣取的收益要低。例如，银行的贷款资产比短期国债资产挣取的收入往往要高；保险公司企业债券资产往往比短期国债资产挣取的收入更高。资产所提供的流动性与其所提供的收益之间有一种制约关系，我们可以在美国国债市场看到这种关系，最新发行的指标型（on-the-run）债券的交易十分活跃，非指标型（off-the-run）债券是指在过去一段时间发行，其交易不十分活跃的债券，非指标型债券的收益率比指标性债券的收益率会高出20个基点。

判断交易账户的哪些资产为流动性资产（即可以转化为现金的），哪些资产为非流动性资产是金融机构的一项主要管理行为，对流动性进行检测的基础应基于受压市场条件，而不是正常市场条件。当一家金融机构需要流动性时，其他许多金融机构往往也会需要流动性，在正常市场上流动性很好的资产在受压市场也许会变得难以变卖，2007年夏天开始的信用危机造成了许多金融机构交易账户上的资产流动性突然恶化。

19.2.3 交易及零售存款

交易市场存款是比零售市场存款变动幅度更大的资金流动性来源。在正常市场状态下，一家具有良好信用的银行在交易市场不难筹得资金；但是，在受压市场条件下，投资人往往非常厌恶风险，这会造成利率的攀升及交易市场贷款期限的下降，有时市场根本就不再提供资金。金融机构应该监测在短期内能够作为贷款的抵押品的资产，金融机构可以（在一定费用下）通过申请信用额度的形式来缓解融资风险。例如，美国发行按揭贷款的公司Countrywide持有一个财团贷款额度（syndicated loan facility），其数量达115亿美元，在2007年信用危机时，Countrywide使用了这笔贷款（从而保证公司能够生存下来，但后来这家公司仍遭遇重大困难，2008年1月，这家公司被美洲银行收购）。如业界事例19-1所示，英国按揭提供商北岩银行就没有这么幸运。

由零售客户中得到的存款的变动幅度要低于由交易市场所得到的存款的变动幅度，但是，当

今的零售市场也不像从前那样稳定，现在存款者可以很容易地比较不同金融机构提供的存款利率，并可以通过网络来转移资金。不幸的是，流动性不是只影响一两个金融机构的问题，而是整个市场所面临的问题，当一家金融机构因为流动性问题而试图扩大其零售存款业务时，其他金融机构往往也有类似的需求，因此扩大存款市场份额的愿望并不容易实现。

19.2.4　证券化

如第2章所述，银行发现“发行及销售”的经营模式确实很具吸引力，与其将流动性不好的资产保留在资产负债表上，银行可以将这些资产进行证券化。我们曾在第16章讨论了证券化的过程。2007年8月以前，证券化是银行一个很重要的资金流动性来源，但是2007年8月后，投资人发现证券化产品风险太大，这种资产的流动性会在瞬间消失，贷款并证券化模式不得不被“发行并筹资支持”（orginate and fund）模式所取代，不出所料，这时银行变得不再愿意借出资金。

证券化也导致了2007年8月的其他流动性问题，银行在最初曾承诺为资产抵押商业票据（asset-backed commercial paper，ABCP）提供流动性支持，这些承诺保证证券化前的债券资产（例如按揭）的流动性。当投资人不再愿意投资资产抵押商业票据产品时，银行不得不将这些产品买入自身账下，有时为了避免声誉受到不良影响，即使在没有法律责任的情况下，银行也不得不对参与证券化的导管公司（conduit）及其他资产负债表外机构进行财务支持。

19.2.5　由中央银行借入资金

中央银行（例如美国的美联储，英国的英格兰银行及欧洲中央银行）常常被认为是取得资金支持的最后手段（lenders of last resort）。当金融机构产生财务困难时，为了保证金融系统的安全，中央银行往往会向出现困难的机构提供资金支持。借入资金的银行必须提供抵押品，中央银行通常要对抵押品进行打折（haircut），即借出资金的数量会低于抵押品的价值。中央银行通常会收取很高的利息。2008年3月，在贝尔斯登（后来被摩根大通收购）出现问题时，美联储为投行及商业银行提供了资产拆借设施㊀，后来这些设施也向房利美及房地美开放。

不同的中央银行的借款规则也各不相同。2007年8月信用危机后，欧洲中央银行（European Central Bank，ECB）的折价率比其他中央银行更小，因此有些英国银行更希望从欧洲中央银行借入资金，而不是从英格兰银行借入资金。有一种说法，甚至北美一些银行也考虑在爱尔兰设定分行来取得欧洲中央银行的资金。截至2008年9月，欧洲银行共借出了4 670亿欧元资金，此后，欧洲中央银行宣布它将实行更高的折价率。

银行会试图对自身在中央银行借入资金之举保持缄默，因为借入资金的行为可能被市场解释为银行运作出现困难，从而导致丧失其他流动性来源。如业界事例19-1所示，关于北岩银行需要紧急救助资金的消息导致了投资人的挤兑行为，这会使流动性问题进一步恶化。

19.2.6　对冲问题

流动性问题往往会出现在公司利用有保证金要求的合约来对冲流动性差的资产的情形。由业界事例6-1所示，金矿公司往往采用与金融机构签署的在两三年内卖出黄金的远期合约来对

㊀ 中央银行担心投资银行破产会触发系统风险（见业界事例11-1），投资银行与其他投资银行及商业银行之间签有衍生产品交易，这些衍生产品交易数量很大，危险的是，一家银行破产可能会触发金融行业内的连锁反应，进而可能触发商业银行的破产。

冲自身风险，在远期合约中金矿公司要支付保证金，随着远期合约价值的变化，保证金数量会得以调整。如果金价上升很快，远期合约价值会降低，这会触发金融机构向金矿公司收取更多的保证金，远期合约的损失会被尚未开掘的黄金价格的上升所抵消，但是，地下的黄金不具备流动性。如业界事例 19-2 所示，Ashanti Goldfields 公司在金价急速上涨而不能满足保证金催收时，不得不对公司进行了一个大的改组，其中包括变卖矿井（这大大削弱了股权人的价值）以及调整对冲头寸。

业界事例 19-2

Ashanti Goldfields 公司

Ashanti Goldfields 是一家基于加纳的西部非洲金矿公司，该公司在 1999 年因为对冲而遭遇运作困难。最初，为了保证其股权收益人在金价下跌时不受损失，公司决定使用远期合约来对冲风险，在远期合约中，Ashanti Goldfields 以固定价格卖出黄金。1999 年 9 月 26 日，欧洲中央银行突然宣布它们在接下来的 5 年对黄金出售进行限制，这个消息令市场震惊，消息公布后，金价一下上涨了 25%。Ashanti 不能满足远期合约中的保证金催收要求，造成了金矿的改组，其中包括出售一个矿井以及改变对冲头寸，这些突变事件大大削弱了股权人的价值。

另外一个因为对冲带来的融资流动性困难的例子是关于一家德国公司，即德国金属公司（Metallgesellschaft），这家公司与客户之间最初签署了合约，在合约中德国金属公司向其客户以固定价格提供石油及天然气（见业界事例 19-3）。Ashanti Goldfields 公司和德国金属公司的事例并不是说明公司不能使用远期或期货合约来对冲风险，而是说明，公司在进入合约时，应确保自身有足够的资金来应对紧急情况下的资金需求。

业界事例 19-3

德国金属公司

在 20 世纪 90 年代初期，德国金属公司（MG）以高出市场价 6～8 美分的固定价格卖给了客户大笔 5 年及 10 年期的取暖油（heating oil）以及汽油合约，然后这家公司采用买入短期期货并采用对短期期货进行延展的方式来对冲自身面临的风险暴露，但在这么做了以后，油料价格下降，期货合约中长头寸触发了增补保证金的要求，这因此造成了 MG 的短期现金流压力，MG 对冲策略的设计者认为短期资金流外流会被长期固定合约的现金流补偿，但是 MG 公司高级管理部门以及其他有关银行对这些现金的外流产生担忧。这时公司决定对其所有的对冲交易进行平仓，并且与那些收入固定价格合约的客户达成协议，MG 公司不再保证对这些固定价格合约的承诺，最终这些事件造成了 MG 公司 13.3 亿美元的损失。

19.2.7 储备金要求

某些国家要求银行将存款的一部分以现金的形式存放在银行的金库或存入中央银行账户。储备金的要求只适用于交易存款（transaction deposits，实际上是对于支票账户）。对于美国大银行而言，当前储备金的要求为 10%，而某些国家，例如加拿大和英国没有储备金的要求，而其他一些国家的储备金要求要高于美国。

除了确保银行持有一定最低数量的流动性，储备金要求还会影响市场的货币供应。当储备金要求为10%时，100美元的存款只有90美元可用于贷款，这造成了金融系统中又多出了90美元的存款，从而又产生了81美元可用于贷款，这个过程会一直持续。随着这个过程，市场上的总货币供应量M1为90+81+72.9+……即整体M1货币为900美元。当储备金的要求为20%，一个100美元存款可以产生80美元的贷款，进而产生64美元贷款等，这时整体M1货币供应量为400美元。许多国家并不采用对储备金的管理来管理货币供应量，但中国是一个例外，中国对其储备金要求会经常性地改变。

19.2.8 监管原则

在2007年流动性紧缩之后，银行监管部门修改了关于银行管理流动性的规则[⊖]，这些规则可以被总结为以下方面。

- 每家银行必须承担流动性管理的责任，制定流动性管理框架来保证持有对流动性风险具有缓冲意义的高流动性资产。银行监督部门（即监管部门）应该像管理其他风险一样谨慎地对流动性风险进行检测，并在必要时介入管理过程。
- 银行必须明确地阐明自身的流动性风险容忍度，并应确保其容忍度与其业务战略相符，同时也要与银行本身在金融系统中所扮演的角色相符。
- 银行的高管必须制定检测流动性风险的管理战略，其战略必须与风险额度相符，并且风险战略每年都要得到公司董事会的批准。银行高管必须定期向董事会报告其流动性状况。
- 当引入一个新产品或新业务时，流动性的费用和益处都应该得以量化，并被考虑在业务发展计划之内。
- 银行应该具备预测自身的资产、负债以及资产负债表外项目在不同情况，以至于受压情况下所产生的现金流。银行应对检验将来不同期限流动性的需求和流动性的来源匹配程度，并设定早期风险预警报告。银行的管理过程应考虑流动性承诺的“黏性程度”（stickiness）、银行对于客户的承诺以及为了保全自身声誉所必须采用的措施等。
- 银行要在其所有的法律实体（即分公司）及总行的两个层面对流动性风险进行管理，对于从一个实体到另一个实体的流动性转移要考虑法律、监管及运作额度等要求。
- 银行应该开发出同时保证来源以及期限均为多元化的资金战略，并定期对从不同的来源进行融资的能力进行检测。
- 银行应该主动管理其运作业务中的流动性头寸（intraday liquidity position）及风险，并保证在正常及受压市场条件下均能满足付款及交割的承诺。
- 银行应该积极地管理其抵押品承诺，对于不同法律实体的已支付抵押资产（encumbered asset）和仍未支付抵押资产（unencumbered asset）进行记录。
- 对于不同的情形，银行要定期进行压力测试。某些情况应该包含某些特殊的金融机构所面临的困难，某些情况应包含整个市场的受压状态，受压情况所产生的结果应用于开发有效的后备计划。
- 银行对于流动资金短缺的紧急状态应制定应急计划，计划中要明确地定义银行行政报告中人员的职责。
- 为了对流动性压力情形提供保险，银行应该持有一定数量的、具有高流动性，并未支付的

⊖ 见国际清算银行的规则“Principles for Sound Liquidity Risk Management and Supervision,” June 2008。

抵押品，在使用这些资产来取得资金时，不应该有任何关于法律、监管及操作方面的障碍。
- 银行对于其流动性头寸及风险管理信息要进行公开披露。
- 监管部门应该定期对银行的流动性风险流程进行评估，并保证其流程与银行在金融系统中所处的角色相符。
- 监管部门在其定期的评估中还应检验银行内部报告和市场信息。
- 监管部门应通过及时和有效的方式来介入银行管理过程，对银行流动性风险中的不足进行改善。
- 为了保证流动性风险监督部门之间的合作，监管部门应该与其他监管及政府部门共享信息。

毫无疑问，监管当局对流动性风险的管理会比以前更为重视，正因为如此，银行在将来也会花更多的精力来监测和管理流动性风险。

19.3 流动性黑洞

在某些时候有人认为，人类科技及其他领域的进步已经改进了金融市场的流动性，这种说法值得商榷。平均来讲，市场上的买卖价差确实是降低了，但市场上也确实出现了在同一时刻市场参与者想进行同样交易的倾向，这也就产生了所谓的流动性黑洞现象，这一现象产生的频率在逐渐增加[1]。流动性黑洞是指，因为所有人同时想买入或卖出某类资产而触发市场流动性枯竭的现象。

在一个运作良好的市场，因为新的信息出现，市场参与者可能会改变他们对于某个资产价格的观点，但在这样的市场，价格变化不会对新信息过分敏感。如果价格下跌幅度太大，市场参与人会马上行动买入资产，这时一个新的资产平衡价格会被建立；当资产的价格下跌幅度巨大，以至于造成了更多的市场参与人都想卖出资产，从而导致价格低于市场参与者希望的成交价格时，这时会产生流动性黑洞。在市场大量抛售资产时，流动性会变得枯竭，这时资产只能以大甩卖的价格出售[2]。

19.3.1 市场交易员们正反馈和负反馈

金融市场的流动性取决于市场交易员的行为，市场上存在两类交易员，即提供负反馈（negative feedback）的交易员和提供正反馈（positive feedback）的交易员[3]。负反馈交易员在价格下跌时买入资产，而在价格上涨时卖出资产；正反馈交易员在价格下跌时卖出资产而在价格上涨时买入资产。在一个具有流动性的市场里，负反馈交易员是交易的主体。当一个资产的价格低于合理价格时，交易员会买入资产，这从而造成了市场需求，资产价格会上升到一个较为合理的价位；类似地，当一个资产价格上升太大，交易员会出售资产，这时会产生市场资产供应，这会使资产价格被调整到一个更为合理的价位。以上现象促成了资产价格在买方和卖方间的良好平衡，使得市场具有良好的流动性。当正反馈交易员主导市场时，资产的价格会趋向于不稳定，市场会变成

---

[1] 见 A. D. Persaud（ed.），*Liquidity Black Holes: Understanding, Quantifying and Managing Financial Liquidity Risk*, London: Risk Books, 1999。

[2] 流动性黑洞往往是与资产价格下跌密切相关，但有时这一现象也会产生于资产价格上涨的情况。

[3] 这一假设是对现实世界的简化，这样做是为了帮助我们理解市场的动态过程，有些交易员的交易策略要比正负反馈这一假设更为复杂。

单边市场，流动性会变差，这时资产价格下跌会触发交易员变卖资产，从而会造成价格进一步下跌和更多的资产被出售；资产价格上涨会促使交易员进一步买入资产，导致资产价格进一步上涨，这又会造成资产的进一步买入。

市场存在正反馈交易有若干原因。

- **止损规则**（stop-loss rules）：交易员通常要受制于损失额度的规定。当某资产价格下跌到一定水平时，他们要自动卖出资产以限定损失的幅度，这些规则就是所谓的止损规则，这一规则是正反馈的来源之一，无论如何，市场上永远存在这一现象。
- **动态对冲**（dynamic hedging）：在第6章，我们讨论了期权交易员可以采用动态对冲来保持资产组合的Delta中性状态，表6-2及表6-3说明了交易员如何在20周内对一个期权短头寸进行对冲。对期权短头寸（看涨或看跌期权）进行对冲，我们需要在价格上涨时买入基础资产，并在价格下跌时卖出基础资产，该类对冲所产生的交易具有正反馈效应，具有降低流动性的效果（与之对应，对一个期权（看涨或看跌期权）的长头寸进行对冲要涉及在价格上升时卖出资产，并在价格下跌时买入资产，这种交易具有负反馈效应，因此不会对市场的流动性产生负面作用）。当银行持有大量期权短头寸时，会造成市场的不稳定，并潜在地促成市场流动性的消失。如业界事例3-1所示，在过去的某个时间，银行向英国保险公司卖出了大量的长期限的利率期权，当银行对冲自身风险时，英国长期利率的变化受到了严重影响。
- **合成产生期权**（creating options synthetically）：对期权的短头寸进行对冲与以合成的方式产生期权的长头寸是等价的，正是这个原因，金融机构可以进行交易，以合成的形式产生期权，就如同期权短头寸的对冲那样，合成期权交易会导致正反馈交易的产生，从而会影响市场的稳定性，并会对流动性带来不定因素。1987年10月的股票市场大跌就是一个经典实例，在大跌的前一段时间，股票市场表现良好，这时有越来越多的资产组合经理采用商业软件，并以合成的形式产生关于自身组合的看跌期权，软件会提醒资产组合经理在价格下跌时卖出组合资产的一部分，并在价格上涨时马上买入组合资产的一部分。如业界事例19-4所示，资产组合经理的交易行为在1987年10月19日造成了流动性黑洞的产生，这时，股票价格暴跌。相对来讲，1987年的流动性黑洞现象是短期的，市场在4个月后恢复到暴跌前的水平。
- **保证金**（margins）：当市场变量有一个大幅度变化，特别是当交易员的头寸具有很高的杠杆时，可能会触发保证金催付，这时交易员可能没有足够多的资金来满足保证金催付要求，这会迫使交易员平仓，平仓交易具有正反馈效应。业界事例15-1所描述的长期资本管理公司（LTCM）的失败就是一个这样的实例，LTCM交易中的一类交易为“定息债券相对价值”（relative value fixed income）交易，在这类交易中，LTCM持有流动性好的债券的短头寸，并同时持有与流动性好的债券类似的，但流动性较差的债券的长头寸，LTCM持有这些头寸的目的是等待两类债券的价格在将来趋于一致。1998年，俄罗斯对自身债券违约，与流动性好的债券相比，流动性较差的债券价格开始下跌，LTCM（及与LTCM持有类似头寸的公司）的头寸具有高杠杆性，它们不能满足保证金催付的要求，只能对交易进行平仓，而平仓交易涉及要买入流动性好的债券并同时卖出流动性差的债券，这些交易会进一步加重“择优而栖”现象，并进一步促成了流动性好的与流动性差的债券价格的偏离。

业界事例 19-4

1987 年股票暴跌

1987 年 10 月 19 日，星期一，道琼斯工业平均指数下跌幅度超过 20%，对于这次下跌，组合保险策略起了关键作用，1987 年 10 月，有超出近 600 亿美元的股票资产用于组合保险策略，这一保险策略以合成的形式构造关于组合的看跌期权，即在股市下降时，卖出股票（或卖出指数期货）；而在股市上升时，买入股票（或买入指数期货）。

1987 年 10 月 14 日星期三至 1987 年 10 月 16 日星期五这段时间，市场下跌了近 10%，这里大部分下跌发生在星期五的下午。因为这一下跌，由交易组合保险策略程序显示，至少有 120 亿美元的股票或股指期货需要出售，但事实上，交易组合保险持有人的销售量只达到 40 亿美元，在接下来的一周开始时，保险持有人需要卖出大笔的股票以达到他们的程序所要求的数量，据估计 10 月 19 日由三家交易组合保险持有人所卖出的股票数量占整个纽约股票交易所成交量的 10%，而整个交易组合保险策略所产生的交易占整个股指期货交易的 21.3%，其他投资人预见到交易组合保险持有人会大笔抛出股票，这些投资者也纷纷将自己的股票抛出，这同时也可能进一步助长股票市场的下跌幅度。

股票市场下跌造成整个交易市场的超负荷运作，许多组合保险持有人不能够及时完成模型所要求的交易，因此组合保险也没有带来预期的效果。不管怎么说，1987 年后，交易组合保险策略大幅减少。这一故事说明当所有市场参与者都在从事某种交易时，如果我们也进行类似策略（甚至对冲策略）的交易可能会非常危险。在这里我们引用 Brady 关于暴跌的报告："当所有的投资人同时出现在某类交易的单边情形时，小额交易市场流动性的充足给投资人提供了一个错觉，投资人认为在大量交易的情况下，市场也具备流动性。具有讽刺意味的是，正是投资人的这个错觉，给其他类似的投资人（例如，提供组合资产保险的投资人）提供了交易动机，这些投资人所采用的交易策略所需要的流动性远远超出了市场流动性的供应。"

19.3.2 杠杆化和去杠杆化

经济生活中的一种普遍现象是进行杠杆化和去杠杆化，图 19-2 及图 19-3 对此有所描述。当银行具有充足的流动性（例如，银行对资产能够进行证券化或存款水平比一般情况要更高时），银行会比较容易地给业主、投资人及客户提供更多的信用，这时信用溢差会降低，信用变得更加易得，这随之会增大市场对金融及非金融资产的需求，从而会使得资产价格上升。资产常常用做贷款的抵押品，而贷款又用做买入资产的资金，当资产价格上升时，作为抵押品的资产价格（以市价计）会增大，这会进一步促成更多的贷款，进而会造成更多的资产被买入，这种循环会造成经济生活中产生更多的贷款，该类循环被称为杠杆化（leveraging）。

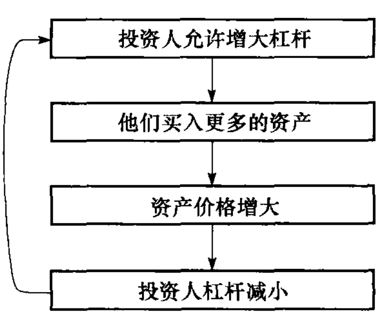


图 19-2 杠杆化

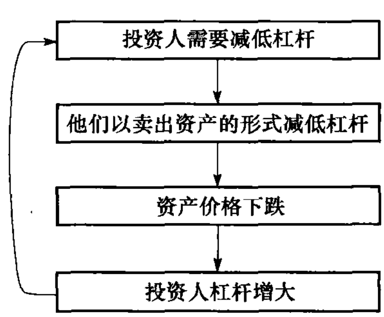


图 19-3 去杠杆化

去杠杆化（deleveraging）与杆杠化过程正好相反，因某种原因银行发现自身的流动性不足（例如，市场对证券化的需要下降），这时，银行不愿意再提供贷款，信用溢差会增大，市场对金融资产及非金融资产的需求会下降，资产价格会下跌，用于支撑贷款的抵押品价格也会下跌，银行从而会减少信用额度，这会进一步造成资产的抛售，也会进一步使得资产价格下跌。

世界不同地区的市场在2007年之前均呈现杠杆化特征，在此期间，信用溢差下降，不管是为了做什么，贷款人都可以较为容易地取得贷款。但自2007年年中开始，市场情况有所改变，由图19-3所示的去杠杆化现象开始出现，这时信用溢差增大，在市场上不再那么容易取得贷款，资产价格开始下跌。

对冲基金受到杠杆化和去杠杆化循环的影响尤其显著。考虑一家对冲基金，该基金可以借入的资金是自身资本金的20倍。2007年下半年开始，对冲基金经理可能会从其机构经纪那里得到告诫需要减低杠杆，假定杠杆需要被减至5倍，对冲基金只有在变卖资产的情况下才能达到目的，这家对冲基金及其他对冲基金的做法会导致资产价格下跌，对冲基金的本金价值也会下跌，对冲基金必须卖出更多资产。

19.3.3 资本金的影响

在许多方面我们看到监管部门正在试图统一全球的监管政策，这一点值得称赞。像我们在第11章解释的那样，在《巴塞尔协议》之前，世界上不同国家对于资本金的要求也各不相同，因为银行必须在全球范围内竞争，那些受较低资本金制约或者所受的监管条例不严格的银行就会处在有利的竞争地位。

但是，打造一致的监管环境是需要代价的，所有银行对外部事件的反应会比较一致。以市场风险为例，波动率及相关性的增长会触发市场VaR数量，和市场资本金的增大，因此银行会尽量减小自己的风险暴露。因为银行所持交易比较类似，不同银行会做出类似的交易举动，这时流动性黑洞也会因此产生。

信用风险管理过程中也有类似的问题，这与图19-2和图19-3的现象类似。当经济周期处于最低点时，违约概率会相对较高，因此由《新巴塞尔协议》中模型所决定的对于贷款的资本金要求也比较高，这时银行会不太愿意借钱给客户，因此对中小企业也造成了流动性黑洞。巴塞尔委员会意识到了这一问题，因此，巴塞尔协议要求在进行参数估计时，违约概率应该是一个包含整个经济周期的平均违约概率，而不应该只是在某一时刻所估计的违约概率。

19.3.4 非理性繁荣

美联储主席艾伦·格林斯潘在1996年12月一个关于股票市场演讲中用到“非理性繁荣”这一词汇。格林斯潘指出：“我们应该如何判定在何时非理性繁荣的发展已经过分地提升了资产价格呢?”

自格林斯潘的演讲之后，非理性繁荣这一词汇一直被市场参与者铭记在心，因为自格林斯潘演讲之后，全球股市全线下跌。大多数的流动性黑洞与各类不同的非理性繁荣有关。非理性繁荣的产生是因为受雇于不同金融机构的交易员，对于某种资产或某个市场变量进行了不理性的判断，因此金融机构的资产负债表中过分积累了某种资产或与某变量有关的资产，而且这种过程不断地自我强化。当许多金融机构决定进入某个特定的头寸，与之有关的资产价格有所上升，从而得金融机构的头寸看起来为盈利，从而使得金融机构有更大的欲望进入类似头寸并从中盈利。金融机构中的风险管理人员应对机构所承担的风险进行质询，但大多数金融机构的高级管理人员会选择对这些质询采取置之不理的态度，公司高管之所以这么做是因为这些高风险业务线还在赚钱，正

如花旗银行的前任首席执行官查克·普林斯在2007年7月10日指出的那样，“当音乐停止时，从流动性角度看，事物会变得复杂，但只要音乐还在演奏，你就必须起来跳舞，我们到现在还一直在跳舞。”

最终在某个阶段，市场的泡沫总会爆裂。许多交易员会同时试图平仓，这会引发流动性的消失，从而触发损失。波动率的增大以及风险管理程序的应用（例如，由历史数据来计算市场VaR）会触发许多金融机构同时对某个较大规模的风险头寸进行平仓，这会进一步触发损失，并造成更加严重的流动性问题。一些银行在处理这些问题时确实产生了重大失误（或传言为失误），多数银行可能会经历资金流动性困难，因此贷款行为可能会出现缩减。

关于以上讨论的一个经典实例为2007年开始的次贷危机，其他实例包括1987年股票市场的暴跌、1994年债券市场暴跌、1997～1998年亚洲金融危机以及1998年长期资本管理公司的失败。非理性繁荣是人类的特性之一，从某种意义上讲，这一现象不可避免。如第16章所述，交易员薪酬制度更加促成了非理性繁荣的产生，我们知道交易员薪酬中的一大部分是年终奖金，年终奖金与交易员全年的表现有关。一个交易员的头脑可能十分清醒，并且意识到市场会出现矫正，但是，如果交易员判断出市场矫正很可能发生在明年，那么交易员会有动机继续建立自身的头寸，也使得短线报酬达到最大化。

19.3.5 多元化的重要性

经济模型通常假定市场参与者的行为相互独立，我们曾指出事实上并非如此，正是由于参与者之间没有独立性因而产生流动性黑洞，为了解决这一黑洞问题，我们需要在金融市场进行多元化投资。

我们这里讨论的第一个结论是与众不同（contrarian）的投资策略有一定的好处，如果市场反应过激，某投资可以在其他人大量抛出股票的时候买入股票，这时投资人会因为流动性而受益，但是当以VaR为基底的风险度量成为风险管理标准时，基金管理人也很难做到这一点。

波动率及相关性变量往往具有“回归均值”（mean reverting）的性质，这些变量有时会增大但逐渐又会回到其长期平均水平，一种产生多元化的方法是在风险管理实践中及风险监控环境下，认识到并不是所有的市场参与者都关心波动率及相关性的短期变化，例如，资产管理人投资决定往往基于长期平均波动率及相关性，他们在产生流动性黑洞时不会推波助澜。

对冲基金已经成为市场的主要参与者，他们不受监管的制约，并可以采用自身设定的交易策略。从某种意义上讲，对冲基金增强了市场的多元化（也增强了流动性），但是，如上所述，对冲基金往往具有高杠杆性，当流动性变差时，例如2007年，所有的对冲基金都同时想对交易进行平仓，这从而会使得市场流动性更加恶化。

19.4 小结

市场上存在两类流动性风险，即交易流动性风险和融资流动性风险。交易流动性是关于对交易账户上的头寸平仓的难易度，一个资产的交易流动性风险与资产的个性、资产的交易数量和资产交易速度有关，这一风险也许同经济环境有关，2007年的信用紧缩强调了透明度的重要性。没有被投资人理解或定义不明确的资产的流动性往往不会持续。在某一特定时刻，一个资产的流动性能够以买卖价差比率来测定，买卖价差比率等于买入与卖出的差除以买入价和卖出价的平均值。一个头寸的平仓费用与资产价格的比等于买卖价差比的一半，金融机构应监测，在正常及受压市场条件下，平仓全部交易账户资产的费用。

当交易员要对一个较大资产头寸进行平仓时，他可以在市场风险及买卖价差之间进行一个权衡。快速的平仓会触发较高的买卖价差，但同时市场风险也会较低；缓慢的平仓会触发较低的买卖价差，但市场风险也较高。最优交易策略与以下因素有关：买卖价差的货币价值，该价值取决于每天的交易数量；每天资产价格变化的分布。对于任意给定的平仓策略，交易员可以选择一定的置信区间，并且计算出在不超出置信区间的前提下的平仓费用。由此我们可以得出一个将交易费用极小化的交易策略。

融资流动性风险是关于金融机构在有资金需求时是否可以获得资金。金融机构要在正常及受压市场条件下，对现金需求进行预测，并判断持有现金是否可以满足要求，这样做对金融机构而言至关重要。金融机构对现金的需求与存款人提取资金、贷款人使用信用额度的多少、金融机构的担保承诺、交易对手违约等因素有关，现金来源可以是易于转化为现金的产品、交易市场的拆借、资金证券化、新的存款、现金本身及由中央银行借入的资金（中央银行借入现金往往是最后一种手段）。2008 年 6 月，监管银行公布了银行管理流动性的 17 个管理原则，监管人员指出，他们在将来会更加谨慎地监测银行的流动性风险管理流程。

最为极端的流动性风险被称为流动性黑洞，这一现象的产生可能是由于市场交易员在同一时刻均处于单边市场而引起的，也可能是因为交易员持有相同的头寸或采用相似方法来管理风险而导致。流动性黑洞的产生有时是由于在交易员中间所产生的一哄而起的心理作用，或者是对于某种风险的过分集中。为了避免流动性黑洞，市场上所需要的是投资人进行多元化投资策略，具有长期投资目标的交易员应该尽量做到自身不受短期市场变化的影响。

推荐阅读

Almgren, R., and N. Chriss, "Optimal Execution of Portfolio Transactions," *Journal of Risk*, 3 (Winter 2001): 5-39.

Bangia, A., F. Diebold, T. Schuermann, and J. Stroughair, "Liquidity on the Outside," *Risk*, 12, June: 68-73.

Bank for International Settlements, "Liquidity Risk Management and Supervisory Challenges," February 2008.

Bank for International Settlements, "Principles for Sound Liquidity Risk Management and Supervision," June 2008.

Persaud, A. D. (ed.), *Liquidity Black Holes: Understanding, Quantifying and Managing Financial Liquidity Risk*. London: Risk Books, 1999.

练习题

19.1 2007 年次贷危机时的透明度问题是什么？

19.2 某个资产的买入价为 50 美元，卖出价为 55 美元，这些报价的含义是什么？买卖价差比率为多少？

19.3 假定某投资人持有 5 000 美元公司 A 股票的短头寸，并持有 3 000 美元公司 B 股票的长头寸，公司 A 的买卖价差比率为 0.01，公司 B 的买卖价差比率为 0.02，投资人平仓自己的头寸的费用为多少？

19.4 假定在练习题 19.3 中，两家公司的买卖价差均服从正态公布，公司 A 的买卖价差的均值为 0.01，标准方差为 0.01，公司 B 的买卖价差的均值为 0.02，标准差为 0.03，在投资费用不超出 95% 的置信区间条件下，投资人的平仓费用为多少？

19.5 一位交易员想在今后 10 天内对一个价值为 6 000 万美元的头寸进行平仓，买卖价差作为每天交易量 q 的函数可以被写为 $a + be^{cq}$，其中 $a = 0.2$，$b = 0.1$ 以及 $c = 0.08$，q 是以百万美元为计量，价格每天变化的标准差

为0.1美元，在95%的置信区间下，使费用极小化的最优交易策略是什么？

19.6 为什么在管理融资流动性风险时，银行会将监测抵押品过程作为管理过程的一部分？

19.7 依赖交易市场取得资金来运作，为什么会有风险？

19.8 Ashanti Goldfields公司及德国金属公司的融资风险特性是什么？

19.9 正反馈交易和负反馈交易的含义是什么？哪类交易会触发流动性问题？

19.10 经流动性调节的VaR的含义是什么？

19.11 流动性黑洞是如何产生的？请解释为什么监管也会导致流动性黑洞。

19.12 为什么服从一个多元化的交易策略会给市场的流动性带来好处？

作业题

19.13 讨论对冲基金对于市场流动性而言，是有好处还是有坏处？

19.14 假定某交易员买入了某些流动性差的股票，其中交易员买入了公司A的100股股票，买入价为50美元，卖出价为60美元，交易员买入公司B的200股股票，买入价为25美元，卖出价为35美元，对于这些头寸的比例买卖价差为多少？在平仓头寸时，一个高的买卖价差对交易费用的影响是什么？如果买卖价差服从正态分布，均值为10美元，标准差为3美元，在99%的置信区间下，在最差情形下，交易费用与交易组合价值的比率是多少？

19.15 一个交易员想在8天之内对一个200 000单位关于某资产的头寸进行平仓，买卖价差作为每天交易量的q函数可以被写为$a+be^{cq}$，其中$a=0.2$，$b=0.15$以及$c=0.1$，q是以1 000为计量单位。每天价格变化的标准差为1.5美元，在99%置信区间下，使得交易费用达到极小的最佳交易策略是什么？在卖出资产前，交易员的平均等待时间为多少？随着置信区间的变化，平均等待时间将如何变化？

CHAPTER 20

第 20 章

模型风险

模型是对现实的近似，为了决定某些产品的交易价格，我们必须利用模型。还有，对一些曾经在市场交易的产品，为了做到盯市计价的目的，我们还是要利用模型。

模型风险有两种：一类模型风险起源是在产品被卖出或买进时，模型给出的价格失准，这样会造成产品买入价格太高或者卖出价格太低。另外一类模型风险是关于对冲，如果一家公司采用了错误模型，模型计算出的希腊值以及由此而构造的对冲交易也可能会出现偏差。

为了对某种金融产品定价，建立模型的艺术在于所建模型能够捕获产品的重要特性，同时模型本身不应该复杂到用户不知所措的地步。本章我们将比较模型在金融领域的应用方式与物理学家应用模型方式以及其他领域科学家应用模型方式的不同。本章我们还将讨论如何将模型应用于交易活跃的产品，以及如何将模型应用于没有市场价格的结构性产品，我们还将讨论不同类型的模型风险和管理方式。

20.1 盯市计价

接下来，我们将讨论盯市计价。如第 2.7 节和第 11.6 节所示，金融机构必须每天对交易账户中的产品进行定价，这意味着金融机构每天要计算账户中的各种产品价格，然后计算产品组合的价格。这些价格可以用于计算风险价值度，并由此来确定资本金数量，价格信息也可以被财会人员用来产生季度财会报告，财会人员将盯市计价规则称为“公允价格会计准则”（fair-value accounting）。

资产按照盯市计价产生的价格是如何被计算得出的呢？在实际中，有若干方式。

- 关于某种资产，如果市场上有做市商，或资产在交易中心交易，资产价格可以是基于最近的交易价格。假定某金融机构持有某种金融资产的长头寸，并且某做市商给出的报价为“买入价 20 美元，卖出价 21 美元”（这意味着做市商愿意以 20 美元的价格买入资产，同

时愿意以21美元的价格卖出资产)。在多数情况下，金融机构愿意以市场中间价格来定出资产价格，市场中间价格等于买入价格和卖出价格的平均值，在以上例子中，中间价格为20.5美元。但是，有时金融机构会更加保守，即对长头寸以买入价为准；而对短头寸以卖出价为准。

- 如果金融机构在过去某天曾交易过某种资产，该资产的价格可以是由金融机构实际支出或收入的价格而定。
- 如果市场中间商可以给出关于另外一家金融机构在场外市场交易资产的价格，金融机构可以利用市场中间商的价格信息来对资产定价。
- 如果市场中间商给出了价格的指示信息（并非是实际交易的价格)，金融机构可以利用信息（在没有其他更好做法的前提下）来对产品定价。
- 对于奇异交易（exotic deals）和结构性产品，产品价格往往是基于金融机构开发的模型，采用模型而不是每天的市场价格来对产品定价被称为是以模型定价（marking to model)。

这里的中间商是场外市场的媒介，例如ICAP、Tullett Prebon以及GFI。金融机构通常并不直接和交易对手交易，而是通过中间商来寻求交易对手（中间商可以在促成交易时收取费用)，这么做的一个优点是交易在最终达成之前，金融机构无须暴露自己的身份，另外，中间商在许多情况下知道市场上谁想进行交易，以及交易产品类型的信息。中间商可以经常性地从客户那里取得关于买入和卖出的报价，并将信息定期传递给其他客户。

当中间商的报价被金融机构用做产品的盯市价格时，中间商不应该和金融机构交易员的关系过于紧密。在市场上曾出现过若干起交易员和中间商合谋向金融机构中台提供内部交易价格的丑闻，中间商所提供的中间价格可以帮助交易员掩盖他们的损失。在可能的情况下，金融机构应尽量从若干中间商那里取得产品报价。

金融机构一般都要尽可能保证自身给出的交易价格与市场其他参与者一致，由于这个原因，金融机构愿意定期通过对一些实验性交易检测，来确认自身价格是否与市场的一致。Markit公司就是一个专门与大银行合作来检验银行产品价格一致性的公司。每个月，这家公司会提出一些场外市场交易，并邀请愿意加入的市场参与者对这些场外交易提供报价，Markit公司然后计算市场的平均报价，并将最终结果提供给所有的参与者。

会计准则

美国会计标准局及欧洲的国际会计标准局提出了公布价格会计准则要求，即FASB 157及IASB 39。银行将资产分成“为变卖而持有”（held for sale）或“持有到到期”（held to maturity）两类。被分为持有到到期的资产应放在银行账户下，其价格只有当被确认为受损时（impaired）才会改变；为变卖而持有的资产应放在交易账户下，对这些资产必须进行盯市计价。FASB 157对于为变卖而持有的资产提供了3种分类。第1类（Level Ⅰ）资产是指那些在活跃市场可以取得报价的资产；第2类（Level Ⅱ）资产是指那些在活跃市场可以取得类似产品报价，或在某些不活跃市场可以直接取得报价的资产；第3类（Level Ⅲ）资产是指银行必须采用模型才能取得价格的资产。

在最初的IASB及FASB条款下，资产及负债的分类不能由持有到到期变为变卖而持有，金融机构在资产及负债最初产生时必须决定其分类。当2007年的信用危机刚刚开始时，许多银行认为公允价格会计准则有火上浇油的作用，即将它们的问题进一步恶化。市场的高波动率、高信用溢差及产品的低价格促使银行不得不对自身持有的大量资产进行减值，这从而触发了大量损失。在2008年年底，迫于银行家及政治家的压力，金融会计标准局（Accounding Standards Board）及国际会计标准局（International Accounting Standards Board）允许银行在极端情况下（in rare circum-

stances）可以将其账户上某些为变卖而持有的资产转为持有到到期，这意味着银行可以推迟报告损失，其效果是银行股价资本的下跌幅度比马上披露损失的情况下的跌幅要小。

2009年4月，会计准则的另一个变化是允许金融机构可以在断定市场价格不能代表其公允价值的情况下采用模型来给产品定价，促成这一变化的原因可能是市场价格是由受压价格而得出，也可能是由于可信度并不很强的其他原因。当然，这一变化也是迫于银行家及政治家的压力。

许多财务人员对这些变化并不适应，他们认为这些变化让银行及其他金融机构只有在有利时才会采用公允财会制度。这些持怀疑态度的财务人员指出，银行监管制度及计算资本金的方法应尽量不依赖于财务报告上的数字。

本章我们将讨论如何采用模型来对交易产品进行盯市计价，并讨论采用模型时，会触发的风险。

20.2 线性产品的模型

金融领域中最简单的模型是对远期合约及互换等线性产品定价的模型，市场上对于线性产品所采用的模型和模型参数没有太多争议，这些模型比较准确，它们往往只依赖于计算现值等简单数学运算。

即便这样，我们也不能排除模型风险存在的可能性，计算产品价格时仍会出现错误。正如业界事例20-1所示，基德公司的计算机系统没有准确计算线性产品中的融资费用，其后果是，基德公司的模型将交易员的巨大损失错误地报告为一笔可观的盈利。

业界事例20-1

基德公司令人难堪的错误

目前投资银行已经开发出许多产生零息债券的方式，零息债券可以通过出售债券的券息现金流而生成。券商基德公司（Kidder Peabody）一个名叫约瑟夫·杰特（Joseph Jett）的交易员有一个非常简单的交易方式，其做法是买入零息债券然后将其在远期市场出售，远期市场零息债券的价格总是高于即期市场价，因此表面看来这位交易员发现了印钞机！事实上远期市场同即期市场的差别仅仅是因为融资费用而造成的。例如，假定3个月期的利率为每年4%，零息债券市价为70美元，3个月期零息债券远期的价格应该是$70e^{0.04\times3/12}=70.70$（美元）。

基德公司的计算机系统显示杰特每一笔交易的盈利都等于远期价格同即期价格的差（我们的例子中为0.70美元），将每一笔远期延长，杰特可以避免应计的融资费用，最后系统显示杰特交易盈利为1亿美元（杰特也因此拿到了一笔可观的分红），但杰特的实际损失为3.5亿美元。这一实例显示，一个大的金融机构也可能会犯简单低级的错误。

另外一种产生模型错误的根源在于金融机构对于产品做出了错误假设。我们考虑利率互换市场，在第5.4节中我们指出，对于一个简单标准的利率互换，我们可以假设远期利率等于将来的实际利率，附录D对于这一方法进行了陈述。例如，如果在时间段2~2.5年的远期利率为4.3%，我们可以假定，在浮动利率与固定利率对换时，这一时间段所采用的浮动利率为4.3%。这一结果很容易被推广为：将来交换现金流的所有合约中的远期利率等于将要发生的实际利率。但情况并非如此，例如，在这里让我们考虑LIBOR置后互换（LIBOR-in-arrears swap），在这一合约中，浮动利息的观察日与利息支出日等同（而不是像在一般利率互换中有一个计利期（accrual

period))。LIBOR 置后互换中所采用的假设应该是今后实际发生的利率等于远期利率加上一个"凸性调整"（convexity adjustment），如业界事例 20-2 所示，这一性质在 20 世纪 90 年代中期给那些对凸性调整不太了解的金融机构造成了损失。

业界事例 20-2

发现竞争对手模型中的弱点

LIBOR 置后互换是一种利率互换合约，在这种合约中，浮动利率观察日与利息支付日等同，在这种互换合约中没有通常的计利区间，在一般的标准互换合约中，我们可以假定将来的利率等于远期利率，而在 LIBOR 置后互换定价中我们应该假设将来某区间的利率等于远期利率再加上一个"凸性调整"项。

在 20 世纪 90 年代中期，一些较为成熟的金融机构掌握了利率置后互换合约的正确定价方式，一些不太成熟的金融机构仍然采用"远期利率等于将来利率"这一天真假设，这造成了那些成熟老到的公司从那些不太成熟的公司那里盈利的机会。

衍生产品市场是交易员设法发现交易对手模型弱点并从中盈利的一个世界。

20.3 物理与金融

我们接下来讨论对非线性产品的定价模型。在银行的前台以及中台有许多受过物理训练的管理人员，这些管理人员所采用的处理非线性产品的模型同物理学中的模型较为相似。例如，著名的 Black-Scholes-Merton 模型所对应的微分方程就是物理学家应用了多年的热传导方程（heat-exchange equation）。然而，正像 Derman 指出的，物理学家采用的模型同金融模型有一个重要区别[⊖]，物理学中描述物理现象的模型具有很高的准确性，而同物理模型相比，金融模型是为了描述市场变量，这些变量同人类的举止行为有关，这些模型不过是对于市场变量的最好估计，这也是在金融模型应用过程中会出现所谓模型风险（model risk）的原因。

物理模型与金融模型的重要区别是模型的参数，物理模型参数通常是不变的常数，例如，在地球表面，地球吸引力永远等于 32 英尺每秒平方（32 feet per second per second），而金融模型中的参数每天都要变化，一个期权的波动率在某天可能是 20%，在接下来的一天可能是 21%，而在第 3 天又可能是 19%。金融模型的常数随着交易日的变化而有所变化，这样做的目的是为了与市场匹配，这里选择模型参数的过程被称为校正（calibration）。

图 20-1 展示了对于某些金融产品定价的方法，这里所说的交易产品与市场交易的一些产品类似但并不是完全等同。在定价过程中，我们会选定某种或某几种产品作为"校正产品"（calibration instruments），这些产品的价格在市场上可以直接观察到，选择这些产品的准则是这些产品应与目标产品相似，由校正产品我们可以得出模型参数，这些参数适用于对目标产品定价。

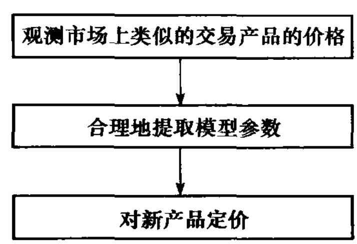


图 20-1 如何应用模型对金融产品定价

以上讨论的方法对于单一未知参数情形十分有效。以上方法的设计并非适用于在绝对意义下的产品定价，其真正宗旨是对相

⊖ 见 E. Derman, *My Life as a Quant: Reflection on Physics and Finance*, Wiley, 2004; E. Derman, "Model Risk," *Risk*, 9, 2 (May 1996): 139–145。

对价值进行定价，即定价原则是保证在与其他类似金融产品价格一致的前提下，求得产品的价格。在下一节，我们将讨论交易活跃的期权产品的定价过程。

20.4 对标准产品如何应用定价模型

某些产品在市场上交易活跃，我们不需要采用模型来对这些产品定价，市场交易价格就是实际价格，假如市场上给出的对于某种交易活跃的股票的期权买入价为30美元，而卖出价为30.5美元，我们对于这一期权中间价的最好估计为30.25美元。

场外市场一种普遍的情形是被定价的产品是一种标准产品，比如期权，但该产品与市场交易的产品并不完全一致。例如，被定价产品是一种期权，但其执行价格或者期限（或者两者）与市场上可以直接观察到的期权有所不同。模型此时是用来保证该产品价格与市场可观察的类似产品的价格一致。Black-Scholes-Merton模型的实际应用为我们提供了一个如何用以上方式来应用模型的很好实例（关于Black-Scholes-Merton模型，见附录E）。

20.4.1 Black-Scholes-Merton模型

Black-Scholes-Merton模型发表于1973年，是被世界不同地区的交易大厅广泛采用的一个模型[⊖]。这一模型（及其推广）建立了关于某资产的欧式期权价格与以下变量的一个关系式：

- 资产价格；
- 执行价格；
- 期权的期限；
- 无风险利率，该利率适用于与资产期权期限相同的投资；
- 资产价格的波动率；
- 期权期限内的预期（如果有）收入。

因为大多数输入变量都为已知，模型较易于应用。期权资产的当前价格一般为已知；执行价格和期权期限为期权内定变量，也为已知；无风险利率也为已知；资产的预期收入并非能够被完全确定，但在许多情况下这些收入可以被较为准确地估测。进一步讲，如果对于某些资产存在远期合约，资产远期合约的价格包含了模型所需要的所有关于内含收入的信息[⊜]，模型中只有一个不能被观察到的变量，即波动率。

关于波动率的估计，我们可以通过第9章描述的方法，由历史数据得出。当市场上不存在任何关于某资产的期权时，交易员及风险管理人员也许可以采用历史数据来求得波动率，并对期权定价；但是，如果市场上存在某资产的期权，交易员及风险管理人员就应该采用由图20-1所描述的过程，来计算与市场价格相符的波动率。这种做法并不总是要求交易员永远和市场价格保持一致，交易员有权（他们就是被雇来做这些）认为市场价格可能太高或太低，但重要的是，金融机构的计算期权价格的正式模型（official model）一定要与可观察到的期权市场价格保持一致。

⊖ 见F. Black and M. Scholes, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, 81 (May-June 1973): 637-659; and R. C. Merton, "Theory of Rational Option Pricing," *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4 (Spring 1973): 141-183。

⊜ 在实际中，市场通常采用Black-Scholes模型的变形，即Black模型，该模型在1976年发表，模型中涉及远期价格或期货价格，资产本身提供的收入并不是输入变量，见F. Black, "The Pricing of Commodity Contracts", *Journal of Financial Economics*, 3 (1976): 167-179。

像在第9.2节解释的那样，与期权价格保持一致的资产波动率被称为隐含波动率。对于不同期权而言，隐含波动率也各不相同。我们接下来讨论交易员如何对这一问题进行处理，并如何选择波动率来对目标期权进行定价。

20.4.2 波动率微笑

在任意一天，对于一个特定期限，期权隐含波动率与执行价格的函数关系被称为隐含波动率微笑曲线（implied volatility smile）[⊖]。如果Black-Scholes-Merton模型确实是对市场假设的一个准确描述，那么对于同一基础资产所隐含的波动率应该为常数，波动率微笑曲线也应该是水平线，但事实上，这种水平形状的波动率微笑在市场上非常罕见。

图20-2显示交易员所得出的关于汇率期权波动率微笑曲线的一般形式，平值期权的波动率相对较低，而实值期权或虚值期权的波动率较高。造成波动率微笑的原因在于Black-Scholes-Merton中的假设：

- 基础资产的波动率为常数
- 基础资产价格变化平稳并且没有跳跃

在实践中，以上的假设对于汇率均不成立，汇率的波动率与常数相差甚远，并且汇率变化具有跳跃性[⊜]，波动率不为常数以及汇率具有跳跃的假设会使得汇率变化的极端情形出现得更加频繁，从而造成图20-2中的波动率微笑的曲线形式。

图20-3显示了股票期权（单一股票或股指期权）波动率微笑的一般形式，这种微笑形式有时也称为波动率偏斜（volatility skew），波动率是执行价格的递减函数。低执行价格期权（也就是深度虚值看跌期权（deep-out-of-money put）及深度实值看涨期权（deep-in-the-money call））所对应的隐含波动率要远高于高执行价格期权（也就是深度实值看跌期权（deep-in-the-money put）及深度虚值看涨期权（deep-out-of-the-money call））。一种关于股票期权波动率微笑的解释是杠杆效应，当公司股票价格下跌时，公司杠杆效应增加，这意味着股票风险性加大，因此波动率增加；当公司股票上涨时，杠杆效应降低，股票风险变小，因此波动率会减小。这种观点说明股票波动率应该是执行价格的一种递减函数，这一结论与图20-3一致。另外一种关于股票波动率微笑的解释是对股票市场暴跌的恐惧（见业界事例20-3）。

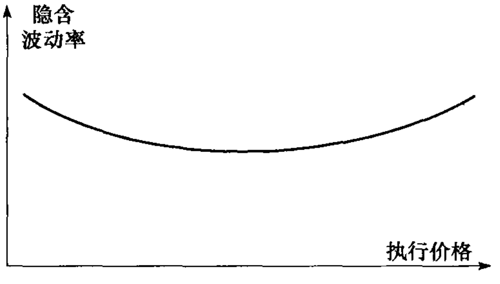


图20-2 汇率期权的波动率微笑曲线

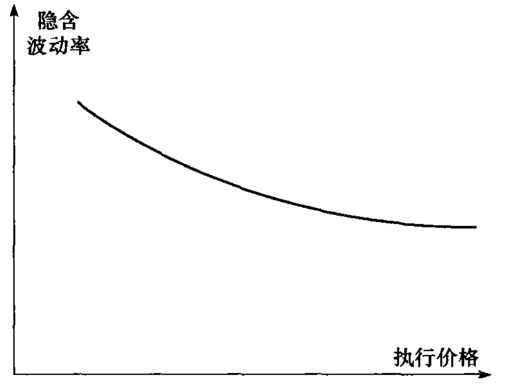


图20-3 股票期权的波动率微笑曲线

⊖ 我们可以证明，执行价格与隐含波动率的关系对于欧式看涨期权及看跌期权形式等同。而对于美式看涨期权及看跌期权，执行价格与隐含波动率的关系只是近似等同。

⊜ 通常汇率的跳跃同中央银行的决策有关。

业界事例 20-3

暴跌恐惧症

我们应该指出图 20-3 所显示的微笑形状只是 1987 年 10 月股票大跌后才开始出现，在 1987 年 10 月之前，隐含波动率与执行价格之间没有太大关系，这一现象使得 Mark Rubinstein 提议造成波动微笑的原因是由于人类对股票市场暴跌的恐惧症。交易员害怕市场出现类似 1987 年 10 月那样的股票市场暴跌，因此对于深度虚值看跌期权赋予较大的价格（这也造成了较高的波动率）。

实际数据为以上的解释提供了证据，S&P 500 股指的下跌往往伴随着波动率偏斜程度的增加，这是因为交易员在股票下跌时会对可能出现的暴跌更加担心，当 S&P 500 上涨时，偏斜程度会变小。

20.4.3 波动率曲面

图 20-2 及图 20-3 中的期权对应于某一固定期限。交易员喜欢将不同期限的波动率微笑结合在一起而产生波动率曲面（volatility surface），这一曲面显示了期权波动率同期权执行价格以及期限的函数关系，表 20-1 显示汇率期权波动率曲面，这一数表显示随着时间期限的增加，波动率微笑的幅度有所减少，这与实际观察结果较为一致[⊖]。

表 20-1 波动率曲面

期　限	行使价格				
	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
1 个月	14.2	13.0	12.0	13.1	14.5
3 个月	14.0	13.0	12.0	13.1	14.2
6 个月	14.1	13.3	12.5	13.4	14.3
1 年	14.7	14.0	13.5	14.0	14.8
2 年	15.0	14.4	14.0	14.5	15.1
5 年	14.8	14.6	14.4	14.7	15.0

波动率曲线的构造主要是基于由市场经纪人提供的数据（见第 20.1 节），市场经纪人对于隐含波动率的了解程度比任何一家衍生产品交易商都要好。表 20-1 所示的波动率曲面的某些点是基于市场经纪人观察到的交易价格；其他点是通过对观察价格隐含波动率进行插值而计算得出。可以说，市场经纪人及期权交易员对于某个特定资产的波动率曲面的形状及变化形式十分清楚。

为了对某种新期权进行定价，交易员利用波动率曲面数据进行插值来求取波动率。例如，为了对一个 9 个月期限、执行价格为 1.05 的期权定价，交易员可以采用表 20-1 中显示 13.4 及 14.0 之间的插值来作为对于波动率估计，插值结果为 13.7%，这一数据可以用于 Black-Scholes-Merton 公式。为了对一个 1.5 年，执行价格为 0.925 的期权进行定价，我们可采用 2 维插值来求得隐含波动率，即 14.525%。

20.4.4 随时间的变化

图 20-2 和图 20-3 表示的波动率微笑，以及表 20-1 表示的波动率曲面只在某一特定时间成立，

⊖ 假如 T 代表期限，F_0 代表资产的远期价格，有些交易员将波动率微笑定义为隐含波动率与变量 $\frac{1}{\sqrt{T}}\ln\frac{K}{F_0}$ 的函数，而不是将波动率直接定义为隐含波动率与执行价格 K 的函数，这种微笑方式通常与期限 T 的关系不大。

这些数据每天都必须更新。某种资产波动率微笑一般会呈现某种一般形状，但波动率的水平会随时间而有所变化。第9.2节所讨论的VIX指数可用于测定S&P 500的30天期权的隐含波动率㊀。由图9-1可以得出，在正常的市场条件下，该指数在10%~30%波动，而在2007年信用危机条件下，其波动幅度比正常市场条件下的波动要大得多。

20.4.5 为什么Black-Scholes-Merton模型如此流行

当一个模型输入变量的变化会差3倍（由10%~30%）或更多时，许多人会认为模型并不一定十分有用（对于物理模型而言，这一观点十分正确），但是，正如我们讨论的那样，金融产品的定价模型与物理模型有所不同。Black-Scholes-Merton模型之所以流行是因为以下原因。

- 正如我们讨论的那样，模型可以与对波动率曲面的插值并用，这样做可以保证模型价格同市场观察值的一致性。
- 定价模型通常用于交易人员之间的交流工具，交易员对于期权价格的报价通常是关于隐含波动率而不是关于期权的实际价格，这样做的原因是隐含波动率比价格更为稳定。例如，当基础资产价格或利率有所变动时，期权价格会变化，但波动率可能会不变。
- 模型被充分简化，交易员可以由此得出对于模型的直觉，并由此来对期权交易市场进行规划。

Black-Scholes-Merton模型并没有什么特殊之处，假定市场采用一种其他模型，其应用方式类似于Black-Scholes-Merton模型，对于交易活跃的产品而言，由这一模型得出的市场价格会同Black-Scholes-Merton价格十分接近。对交易员而言，模型中只含一个自由变量（即无法观测），即波动率，比具有多个自由变量更有吸引力，因为它简单明了。当模型有两个或多个自由变量时（对于其他某些复杂的期权定价模型而言，情况确实如此），模型的应用不会这么简单。

20.4.6 其他模型

对于股票、汇率、股指及商品类期权定价要涉及对某单个变量（比如说股票价格）进行模拟，Black-Scholes-Merton模型已经成为标准定价工具。在20世纪80年代，许多研究人员将注意力集中于对利率衍生产品定价，研究结果表明上限、下限、欧式债券期权及欧式互换期权可以采用Black-Scholes-Merton的扩展模型来定价，通过以上描述的过程，我们可以求得相应的波动率，并将这些波动率代入模型，从而可以对相应产品定价。

百慕大互换期权（Bermudan swap option）及一些其他利率衍生产品定价更加复杂，这时我们要对整个利率期限结构进行模拟㊁，不像描述单个变量那么简单，模型必须用于描述作为时间函数的零息利率曲线的变化。更为复杂的无套利条件限制了我们能够选用的模型假设，许多研发出的模型要涉及多个变量，这些模型的设计要与当前的利率结构保持吻合，并应附有校正过程来确定定价参数，确定定价参数的标准是模型价格应与市场观察价格保持一致。

在20世纪90年代末，研究人员将精力集中于信用衍生产品的定价，信用产品定价的难点与股票期权定价及利率衍生产品定价难点有所不同。信用衍生产品的价值与一些特定的事件（公司违约）有关，当产品只涉及单一公司违约（类似于信用互换情形），定价模型相对简单。这时通过市场交易活跃的产品，我们可以计算出违约概率，并在此基础上可求得产品价格；当产品涉及

㊀ 关于VIX指数的更多信息，见J. Hull，*Options，Futures，and Other Derivatives*，7th ed. Pearson，2009，这本书机械工业出版社已出版中文版。

㊁ 百慕大期权的持有者有权在将来的某两个或多个时刻，进入某种利率互换。

多个公司违约时（类似于 CDO 情形），模型会相对复杂，这时标准市场定价模型为高斯 Copula 模型（见第 10.5 节）。高斯 Copula 模型的应用与 Black-Scholes-Merton 模型类似，这时模型是对违约相关系数进行插值。

20.4.7 正式及研究模型

我们截至目前所讨论的模型均为金融机构的“正式模型”（official model），即模型每天用于计算交易的价值并从而计算交易员的盈亏。正式模型要与市场保持一致，这一点很重要。金融机构的外部审计人员会坚持这一原则。但是，当正式模型与市场价格脱节时，交易员可能会（往往他们会）抓住机会来取得盈利。如果正式模型给出的价格高于（低于）市场价格，他们可以买入（卖出）产品，并因此获利。

除了正式模型，有时金融机构也使用一些研究模型（research model），这些模型一般比正式模型更为复杂，其设计是为了确定交易策略。通过与正式模型平行使用，金融机构能够以研究模型来检验市场价格是过高还是过低。

20.5 对冲

到目前为止，我们的注意力是利用模型来进行定价，在交易过程中，模型在对冲过程中也起着重要作用，交易员必须管理 Delta、Gamma 及 Vega 等风险变量（见第 6 章），而模型是计算风险变量的必要条件。

我们应该区分模型内对冲（within-model hedging）以及模型外对冲（outside-model hedging），模型内对冲是指对于模型内不定性变量进行对冲，模型外对冲是指对模型内所假设的常数变量（或者非随机变量）进行对冲，以 Black-Scholes-Merton 模型为例，对其内含变量股票价格（Delta 及 Gamma 对冲）进行对冲是模型内对冲，这是因为模型假定基础资产变量为不定性变量，但是对波动率对冲（Vega 对冲）是模型外对冲，这是因为模型本身假定波动率为常数。

在实践中，交易员须进行模型外对冲以及模型内对冲，如同我们以前的解释，这样做的原因是在参数校正过程中波动率（模型假设波动率为常数）等参数每天都会产生变化，一个好的交易员对交易账户的风险进行检测时，会关心交易账户对于市场常见的波动率曲面移动的敏感性[⊖]。

一种自然的假设是对于每天会产生变化的变量都进行对冲（这里的参数包括模型中的常数变量以及随机变量），对冲后会使得交易组合的价值保持恒定。事实上，这样做并不一定有必要。如果对冲模型对现实描述失真，交易员可能会经历未曾预见的收益或损失，但好消息是，平均来讲，由错误模型进行对冲得出收益的平均值大约为零，在一个较大的金融机构，不完美对冲所带来的风险通常会被不同的交易组合分散。

许多金融机构对于自身的对冲决策进行谨慎的评估，金融机构评估的做法往往是将交易组合每天价格的变化分解成以下成分：

- 没有被对冲的风险所带来的变化；
- 对冲模型的不完美所带来的变化；
- 每一天新的交易所带来的变化。

这一过程有时被称为损益分解（P&L decomposition）。如果某天价格变化变得不可接受，损益

⊖ 我们可以采用第 7 章描述的主成分分析法。如果风险暴露对每个主要成分的敏感性都很小，风险暴露对实际中观察的移动的敏感性也会很小。

分析会指出在哪些领域，我们应投入更多精力。

20.6 对于非标准产品的模型

正如我们解释的那样，标准产品的定价可以通过对市场价格进行观测，计算隐含模型参数，并对参数进行插值来得出。虽然模型的选择对于对冲会有显著影响，但模型对于定价影响不会太大。非标准产品的设计是为了满足某些客户的特殊需求，这些产品的交易数量一般不大，因此没有标准模型。非标准产品有时会被称为奇异产品或结构性产品，因为这些产品的交易并不活跃，金融机构所使用的模型会对其向客户索取的价格产生影响。注意标准产品与非标准产品的主要差别在于：标准产品的交易活跃，其价格没有太高的不确定性，选择的定价模型会主导对冲策略；对于非标准产品，模型风险会更大，这是因为模型的选择对于定价及对冲均会有较大的影响。

金融机构不应该仅仅依赖单一模型来对结构性产品进行定价，金融机构应该尽可能采用几种模型来对结构性产品进行定价，采用不同的模型会使我们对同一种产品产生某种价格分布的范围，这有助于我们更好地理解模型风险。

假如金融机构要将一种产品出售给客户，三种不同模型显示该产品的价格分别为600万美元、750万美元及850万美元，即使金融机构认为第一个模型最好并且计划以这一模型作为每天定价以及对冲的标准，但金融机构给客户的报价至少应该是850万美元，另外金融机构对于自己的盈利记录应采取保守的态度，如果产品最后的售价为900万美元，这时将盈利记录为300万美元会很诱人（900万美元减去最好模型产生的价格600万美元），但是这么做有点过于激进，另外一个更好的也较为保守的做法是将300万美元盈利记入一个准备金账户，这些盈利应该在产品的整个期限中慢慢释放[⊖]。

业界事例20-4给出了一个在对结构产品定价中所产生的模型风险实例，该例说明，当对ABS CDO定价时，将BBB级的份额等同于一般的BBB级债券是一个不好的假设。

> **业界事例20-4**
>
> **EGT基金**
>
> 在1996年Perter Young是德意志银行（Deutsche Bank）下属基金管理公司德意志摩根建富（Deutsche Morgan Grenfell）的一个经理，他的责任是管理名为欧洲增长信托（European Growth Trust，EGT）的基金，基金增长的幅度较大，最终Young所掌管的客户资产超过了10亿英镑。
>
> 对于EGT的投资有一定的规则，其中一条是不能有超过10%的基金投放于非公开发行的资产，Peter Young违反了这一规则，从某种意义上讲，他的投资对于他个人有利。当事实被披露后，他被公司解雇，但德意志银行必须对投资人进行赔偿，最后德意志银行的整体损失超过了2亿英镑。

模型检测小组

大部分金融机构在其风险管理部中设定模型检测部门，这些部门的主要责任就是对于交易员提出的产品定价模型进行检测，通常来讲，一个模型在没有得到检测部门批准之前不得使用。模型检验通常包括以下方面。

⊖ 这么做也会保证交易员的分红制度更为合理。

- 检验模型实施过程是否正确。
- 检验模型的假设是否正确。
- 将模型同其他目的相同的模型进行比较。
- 阐明模型的局限性。
- 评估模型定价以及对冲计算中所采用参数的不定性。

20.7 模型在建立时存在的危险

建立模型的精髓是保证模型能够抓住产品定价以及对冲的要点，同时模型又不能过于复杂，有时模型必须复杂以抓住产品的重点特性，但是模型并不总是要复杂。

建立模型的一个危险是矫枉过正现象（overfitting），考虑表20-1所定义的波动率，我们可以扩展Black-Scholes-Merton模型为，波动率是基础资产以及时间的某种复杂函数㊀，这样可以做到模型产生的价格同波动率曲面完全匹配，但是结果会显示这样扩展的模型某些性态要比简单模型差，特别是资产价格在不同时间的联合概率分布变得不太现实。㊁

另外，建立模型时存在的一个危险是过分参数化（over parameterization）现象，Black-Scholes模型可以得到扩展，扩展后的模型可以包括随机波动率或者基础资产的跳跃，这样做不可避免地会引入更多需要估计的参数。通常来讲，复杂模型中的参数稳定性比简单模型要好，一般复杂模型的参数不需要每天都进行调节，但是应该注意我们并不是在处理物理过程，虽然复杂系统的参数在某一个较长的时间会相对稳定，但在一段时间后，参数可能会产生变化，这一现象被经济学家称为趋势转移（regime shift），金融机构可能会发现复杂模型在参数变化之前的某段时间内确实是对于简单模型的改进，但是参数改变以后这些模型可能没有太多的弹性以应对变化的市场条件㊂。

像我们刚刚讨论的那样，交易员喜欢只涉及一个非市场变量的模型，他们往往对复杂模型持怀疑态度，他们认为这些模型是“黑匣子”（black box），他们认为这些模型在直觉上很难理解，在有些情形下交易员的怀疑态度具有一定的道理。

20.8 检测模型中的问题

金融机构的风险管理部门应该仔细检验自身的交易特征，特别是对以下情形要特别注意。

- 与其他金融机构进行的交易类型；
- 对于不同类型结构性产品价格的竞争力；
- 对于不同产品交易的盈利记录。

由一定类型的交易或者由某种简单交易而获得大笔盈利可能是一个警告信号，另外，如果发

㊀ 这一隐含波动率函数模型最先由B. Dupire，E. Derman，I. Kani，M. Rubinstein等人提出。见B. Dupire，“Pricing with a Smile,” *Risk*，7(February 1994)，18-20；E. Derman and I Kani，“Riding on a Smile,” *Risk*，7(February 1994)，32-39；M. Rubinstein，“Implied Binomial Trees,” *Journal of Finance* 49，3(July 1994)，771-818。

㊁ 障碍期权以及复合期权等产品的价格与不同时间的基础资产的联合分布有关。Hull及Suo发现隐含波动率函数模型对于复合期权的定价大体上合理，但是对于障碍期权会产生很大的误差，见J. C. Hull and W. Suo，“A Methodology for the Assessment of Model Risk and its Application to the Implied Volatility Function Model,” *Journal of Financial and Quantitative Analysis*，37，2(June 2002)，297-318。

㊂ 经济学家罗伯特·卢卡斯（Robert Lucas）提出的卢卡斯批判（Lucas critique）讨论了这类社会科学问题本性，见R. Lucas，“Economic Policy Evaluation: A Critique,” in The Phillips Curve and Labor Markets (K. Brunner and A. H. Meltzer, eds)，Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 1(1976)，PP 19-46.

现价格与市场脱节，金融机构必须以盯市计价过程进行调解来保证自身价格与市场的一致。

基德公司（见业界事例20-1）交易员约瑟夫·杰特的高盈利应该是一个预警信号[⊖]，另外在20世纪90年代中期，如果某家金融机构的风险管理人员发现自身银行的交易部门与其他金融机构进行了大笔LIBOR置后互换交易（见业界事例20-2），如果在交易中银行总是付出浮动利率同时收入固定利率，这一现象应该引起风险管理部门的警觉，模型管理部门应该马上检验模型，同时风险部门应暂时阻止交易部门进行更多的LIBOR置后互换交易。

20.9 小结

自从Black-Scholes模型在1973年发表以来，人们投入了大量的精力对基础资产性态进行推广以改善模型，业界曾经普遍认为用不了太多时间一个新的完善模型会被开发出来，但不幸的是，这样的模型一直没有出现，因为人类行为的变化，金融模型与物理模型存在根本的差别，金融模型只是对市场行为的良好近似而已。此外，模型会不时出现趋势转移现象，在这一现象中，市场行为发生了根本变化。

对于市场交易活跃的产品，模型的目的只是为了用于交易员之间交流价格以及对现存市场价格进行内插以及对冲，在对冲时，交易员要进行模型内对冲以及模型外对冲，这意味着对冲的目的要针对模型中的常数（或非随机）变量以及随机变量，虽然这些对冲并非完美，但交易员仍然可以期望对冲风险在大交易组合中得到分散。

对于那些在市场上交易不太频繁的结构性产品，我们必须采用模型来定价。选择正确模型与其说是一门科学还不如说是一门艺术，采用几种不同的模型以及对于参数做出不同假设，我们可以可以取得产品的价格区间，这一做法可以帮助我们了解模型风险，因而很值得推崇。

推荐阅读

Bates, D. S., "Post '87 Crash Fears in the S&P Futures Market," *Journal of Econometrics*, 94 (January/February 2000): 181 – 238.

Derman, E., *My Life as a Quant: Reftections on Physics and Finance*. New Jersey: Wiley, 2004.

Derman, E., "Model Risk," *Risk*, 9, 5 (May 1996): 139 – 145.

Hull, J. C., and W. Suo "A Methodology for the Assessment of Model Risk and Its Application to the Implied Volatility Function Model," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 37, 2 (June 2002): 297 – 318.

练习题

20.1 解释盯市计价按模型定价的含义。

20.2 给出两个对于股票期权波动率斜度的解释。

20.3 给出两个对于汇率期权波动率微笑的解释。

20.4 "Black-Scholes无非是一种较为复杂的插值工具。"讨论这一观点。

20.5 利用表20-1，计算交易员为执行价格为1.04美元，8个月期限期权的定价使用的波动率。

20.6 物理模型与金融模型的主要差别是什么？

20.7 对于某一特殊衍生产品，金融机构如何判别其模型不同于竞争对手的模型？

20.8 模型内对冲及模型外对冲的区别是什么？

⊖ 基德公司的美国政府债券交易组的风险管理人员Barry Finer曾指出，从高效率的美国债券市场取得盈利不是一个简单的事情，但是他的担心被公司管理人置之不理。

20.9 某一股票的价格为20美元，假定在明天因某种消息，股票价格或者上升5美元，或下跌5美元，对于一个月期限的期权，采用 Black-Scholes-Merton 模型来定价会出现什么问题？

20.10 公允财会制度的含义是什么？2008～2009年，公允财会制度有什么变化？

20.11 假定中央银行允许汇率在0.97～1.03波动，由汇率期权计算出的隐含波动率会有什么性态？

20.12 “对于结构产品，交易采用模型来对产品定价，而不是盯市计价。”请解释这句话的含义。

作业题

20.13 假定所有的期权交易员决定放弃 Black-Scholes-Merton 模型，并采用其他对资产价格有不同假设的模型，这一变化会对（a）标准期权价格、（b）对冲标准期权，有什么影响？

20.14 采用表20-1来计算交易员使用的对于执行价格为0.98美元，期限为11个月的期权定价的波动率。

20.15 假定金融机构使用一个不精确模型来对某种结构性产品定价，讨论金融机构将如何认识到自身的错误（如果有）。

20.16 一个期货的价格为40美元，无风险利率为5%，明天的某个消息会造成期货在今后3个月的波动率变动或者为10%，或者为30%，假定波动率为10%的概率为60%，为30%的概率为40%。利用 DerivaGem 软件来产生3个月期限的期权的波动率微笑。

CHAPTER 21

第 21 章 经济资本金与RAROC

我们在第 2 章已经讲到，银行设定资本金是为了保护存款者的利益。银行的资本金构成包括股东的一般股票、股东的优先股票、次级债券及其他类似债券等。

在第 11 章我们曾经讨论过巴塞尔委员会制定的计算资本金的规则，这些规则对于所有的银行均相同。虽然巴塞尔委员会制定规则时非常谨慎，但这些规则对于某些银行的实际风险管理过程并不一定非常合适，这促成了银行计算经济资本金（economical capital），经济资本金有时也被称为风险资本（risk capital）。经济资本金是银行对于自己需要持有资本金数量的内部计算，可以被认为是银行为了持有一定的风险而所付出的“货币”量。一个业务类别只有在设定了一定资本金的情况下才能持有某种特定的风险，对某个业务类别的盈利状况的测定应该以该业务类别所分配的资本金的数量为基底。

本章我们将讨论对于某种特定风险以及某个特定业务类别银行如何估算经济资本金，并说明银行如何将这些经济资本金汇总来产生整个银行的经济资本金的估计；还要讨论经风险调整后的资本回报率（risk adjusted return on capital，RAROC），这一回报为业务类别对应自身的资本金配额所得到的回报率。RAROC 既可以用于检测业务类别在过去一段时间内的业绩，也可以用于预测某业务类别未来的表现，从而帮助管理层计划未来资本金的分配方式，决定某些业务在未来的发展规划中是应该停止还是将其扩展。

21.1 经济资本金的定义

经济资本金是指在某个指定的展望期并在一定的置信水平下，银行为能够承担一定的损失而必须持有的资本金数量。展望期的期限通常是一年，置信水平通常与银行的管理目标有关，通常一个大的国际性银行的管理目标是保持其 AA 的信用等级，具有 AA 级别的公司一年的违约概率为

0.1%（见表 14-1），这说明该银行应选择的置信水平至少应该是 99.9%，有些银行选择的置信水平为 99.97%；如果某家银行想维持 BBB 的信用等级，其对应的置信水平也会低一些，具有 BBB 级别的公司一年的违约概率为 0.2%，因此其对应的置信水平应该是 99.80%。

资本金的设定是为了覆盖非预期亏损，非预期亏损的定义为损失分布的第 X% 分位数的值与预期亏损的差，这里认为预期亏损应该包括在银行产品的价格之中，因此只有非预期亏损需要资本金。如图 21-1 所示，经济资本金的大小等于损失分布中第 X% 的分位数与预期亏损的差。

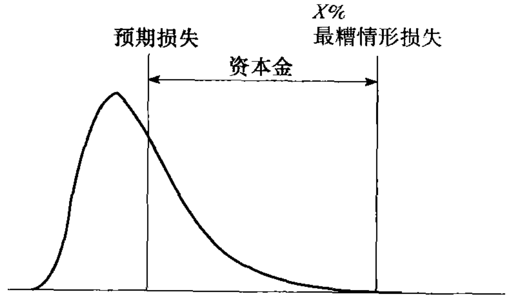


图 21-1　由 1 年时的损失分布来计标经济资本金：X 的取值为 99.8、99.9、有时甚至会高达 99.97

例 21-1

某信用评级为 AA 的银行在世界不同地区放贷，银行估计每年有 1% 的贷款会违约，在 99.9% 的置信水平下损失的最坏情形（也就是只有 0.1% 的概率损失会超过的数量）为贷款数量的 5%，因此对于每 100 美元贷款所设定的资本金为 4 美元（在 99.97% 的置信水平下损失最坏情形与预期亏损的差）。

测定的方法

银行可以采用两种方法来计算经济资本金，即由上往下法（top-down approach）和由下往上法（bottom-up approach）。在由上往下法中，我们首先需要估计银行资产的波动率，然后根据波动率得出在一定展望期上银行资产低于其负债的概率。一种可用于由上往下法的模型是默顿模型，在 14.8 节我们曾对默顿模型有所讨论。

在实际中采用最多的方法是由下往上法，在这一方法中，对于不同的风险及业务类别我们首先要估计损失分布，然后进行汇总。汇总过程的第一步是计算各类风险的总和或各业务类别的风险总量，最后一步是求出整个金融机构的整体损失的概率分布。

在图 21-2 中，我们对银行面临的不同风险进行了总结。像我们在第 18 章看到的那样，监管机构将操作风险定义为“由不当或者失效的内部控制过程、人员和系统以及外部事件所造成的损失”，操作风险包括模型风险和法律风险，但不包括战略风险和声誉风险，这里不包括的几项风险被称为业务风险，《新巴塞尔协议》对于业务风险没有设定监管资本金，但有些银行仍对业务风险设定经济资本金。

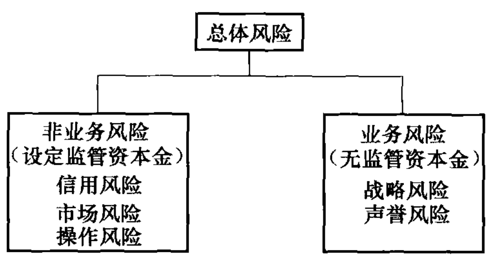


图 21-2　在《新巴塞尔协议》监管环境下银行所面临的风险分类

21.2　经济资本金的构成

在前面的几章，我们讨论了对于不同的风险如何计算损失分布，接下来我们将对这些方法进行一下简单总结。

21.2.1　市场风险经济资本金

在第 12 章和第 13 章中我们讨论了如何利用历史模拟法和模型构建法来估计市场损失的概率

分布，就像以前讨论的那样，在计算过程中首先采用一天的展望期，市场监管资本金等于某个因子（最小值为3）乘以10天展望期的99% VaR，银行监管部门明确表示银行可以采用$\sqrt{10}$乘以一天展望期的99% VaR来得出10天展望期的99% VaR。

在计算经济资本金时，对于所有的风险，我们通常选定同样的展望期及置信区间，展望期通常为一年，置信区间通常为99.8%及99.97%。最简单的假设是：（a）在今后一年中每天的损失分布均与第一天的损失分布等同；（b）所有的分布相互独立。由中心极限定理我们可以得出一年的损失分布为正态。假定一年有252天，一年损失分布的标准差等于$\sqrt{252}$乘以一天损失分布的标准差，对于损失分布期望值的估计要比对损失分布标准差的估计要难，一种可取的但仍保守的假设是损失分布的期望值为0，对应于99.97%置信水平的最坏损失等于3.43乘以损失分布的标准差，对应于99.8%置信水平的最坏损失等于2.88乘以损失分布的标准差。

例21-2

假定一天的市场风险损失分布的标准差为500万美元，对应于一年展望期，在99.8%置信水平下的最坏损失等于（以百万计）$2.88\times\sqrt{252}\times 5=228.6$，即2.286亿美元。

注意在这里并没有假定每天的损失分布服从正态分布，我们这里采用的假设为：每天的损失分布为等同并且相互独立，中心极限定理保证多个相互独立并且等同的分布的和大致为正态分布。如果监管当局对某家银行设定了最低的乘数因子3，市场监管资本金等于

$$3\times\sqrt{10}\times 1\text{ 天 }99\%\text{ VaR}=9.49\times 1\text{ 天 }99\%\text{ VaR}$$

当采用以上形式计算经济资本金，在99.9%的置信区间下，经济资本金为

$$\sqrt{252}\times 3.09\times\text{每天价值变化的标准差}=49.06\times\text{每天价值变化的标准差}$$

如果组合价格变化为正态，一天的99% VaR等于每天价值变化的标准差的2.33倍，以上分析说明经济资本金与监管资本金的比率大约为$49.06/(9.49\times 2.33)=2.22$，价值变化的非正态回报形态会使以上比率变小，但回报的自相关性将使得以上比率变大（见第8.6节）。

21.2.2 信用风险经济资本金

银行采用内部评级法来计算监管资本金时，虽然有很大的自由度，但协议仍然不允许银行采用自身的信用相关模型以及相关性参数来计算监管资本金。在计算经济资本金时，银行有权利根据银行本身的情况选择内部模型，如15.6节所述，银行通常采用CreditMetrics来计算交易账户上的特定资本金的数量，有时CreditMetrics也被用来计算银行账户所对应的经济资本金。

另外一种计算经济资本金的方法是Credit Risk Plus，我们在15.5节曾对这一方法有所描述，Credit Risk Plus方法借用了精算学里的一些计算违约概率分布的想法。CreditMetrics计算由信用降级及违约所产生的损失；Credit Risk Plus只计算由违约造成的损失。

在计算信用风险资本金时，银行可采用条件模型或非条件模型，在条件模型（与经济同期有关）中，预期亏损及非预期亏损将当前的市场条件考虑在内；在非条件模型（与经济同期无关）中，计算结果建立在某种平均经济环境条件之下，评级公司报告的结果通常对应于无条件模型，再有，当采用内部评级法来计算监管资本金时，对于PD以及LGD的估计应该是无条件性的。很明显，我们在计算经济资本金时一定要保持一致性。如果预期亏损为条件性的，那么非预期亏损也应该是条件性的；如果预期亏损为无条件性的，那么非预期亏损也应该是无条件性的。

无论采用什么方法，我们往往需要采用蒙特卡罗模拟来计算信用损失的概率分布，衍生产品

之所以难以处理，是因为在违约或降级时风险暴露具有不定性，有时金融机构采用简化的假设，即假定这一风险暴露总是等于预期风险暴露，如 15.1 节所述，金融机构一般都会知道关于任意一个交易对手的预期风险暴露。

21.2.3 操作风险经济资本金

采用高级测量法来计算监管资本金时，银行有很大的自由度。因此，大多数采用高级计量法的银行可能会采用同样的方法来计算经济资本金以及监管资本金，像在第 18 章阐述的那样，计算操作风险资本金的方法还处在进化阶段，有些方法是以统计方法为基础，而有些其他方法更具有主观性。

21.2.4 业务风险经济资本金

像以前讨论的那样，业务风险包括策略风险（这与银行进入新市场以及开发新产品有关）及声誉风险，业务风险比操作风险更难以量化，因此对业务风险的估测大多也是主观性的。银行高级管理层对于银行资产组合中业务风险的了解对于银行运作至关重要，这可以帮助他们理解正在酝酿之中的战略决策对于整体风险的影响。

21.3 损失分布的形状

市场风险、信用风险以及操作风险的损失分布各不相同。Rosenberg 以及 Schuermann 采用了来自不同方面的数据测定了这些不同损失分布的形状[⊖]，这些分布在图 21-3、图 21-4 及图 21-5 中分别有所显示。市场风险损失分布（见图 21-3）形状对称，但并不是完全服从正态，一个具有 11 个自由度的 t-分布与市场风险损失分布匹配较好；图 21-4 展示的信用风险损失分布具有相当的倾斜性，这与平时的预测也比较一致；由图 21-5 展示的操作风险损失分布形状比较极端，在大多数时候损失不是很大，在某些极端情形损失巨大。

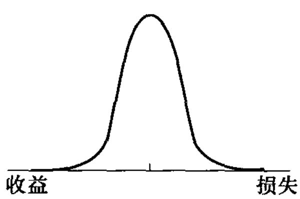


图 21-3 市场风险损失分布

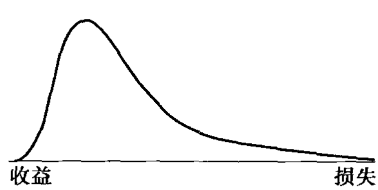


图 21-4 信用风险损失分布

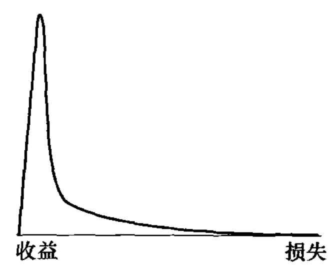


图 21-5 操作风险损失分布

我们可以以损失分布的二阶、三阶以及四阶矩来区分这些分布的特性，不太严格地讲，二阶矩是为了测定标准差（或方差），三阶矩是为了测定偏态（skewness），四阶矩是为了测定峰度（kurtosis）。表 21-1 对于市场风险、信用风险以及操作风险损失分布的性质进行了总结。

表 21-1 不同风险分布的特征

风险类型	二阶矩（标准差）	三阶矩（偏态）	四阶矩（峰度）
市场风险	高	0	低
信用风险	中	中	中
操作风险	低	高	高

⊖ 请参考 J. V. Rosenberg and T. Schuermann, "A General Approach to Integrated Risk Management with Skewed, Fat-Tailed Risks," Federal Recerve Bank of New York, Staff Report No. 185, May 2004。

21.4 风险的相对重要性

风险的相对重要性与业务构成有关，如果某家银行的主要业务是存款及放贷，信用风险应处在最重要的位置；对于投资银行，信用风险及市场风险都十分重要；对于资产管理公司而言，最大的风险是操作风险。

如果资金投资方式违背了某项法律，资金管理人可能会被起诉，因而付出巨大的代价。业界事例21-1给出了一个实例，另外一个引人注目的实例是联合利华（Unilever）养老金计划，美林证券旗下的水星资产管理公司（Mercury Asset Management）曾声称自己的资产回报不会比某标准指数低3%，在1997年1月至1998年3月期间，该公司资产回报比标准指数低了10.5%，联合利华因此控告了美林证券，并索赔1.85亿美元，该纠纷在最后得到庭外解决。西班牙的桑坦德银行在2009管理其客户资金时，因将资金移交给伯纳德·麦道夫而遭受了巨大的操作风险损失。

业界事例21-1

EGT基金

在1996年Perter Young是德意志银行（Deutsche Bank）下属基金管理公司公司德意摩根建富（Deutsche Morgan Grenfell）的一个经理，他的责任是管理名为欧洲增长信托（European Growth Trust，EGT）的基金，基金增长的幅度较大，最终Young所掌管的客户资产超过了10亿英镑。

对于EGT的投资有一定的规则，其中一条是不能有超过10%的基金投放于非公开发行的资产，Peter Young违反了这一规则，从某种意义上讲，他的投资对于他个人有利。当事实被披露后，他被公司解雇，但德意志银行必须面对投资人进行的索赔，最后德意志银行的整体损失超过了2亿英镑。

不同风险之间的相互关系

不同风险之间有一定的相互关系。例如，在互换交易过程中，信用风险和市场风险有某种相互作用，假如对手违约，只有在市场变量的变化使得衍生产品价格对于金融机构有正的价值时，信用风险才会产生。另外，风险的互动方式是：交易对手违约的概率与金融机构与对手之间的合约的价格有关[⊖]，如果交易对手是为了对冲才进行交易，这一依赖关系会比较弱；但是如果合约是为了投机，并且这一合约的规模对于交易对手而言非常可观，那么以上的相互作用关系应该被重视。

长期资本管理基金（LTCM）事件清楚地说明在流通风险与市场风险（见15.1节）之间存在某种作用关系。在市场风险与操作风险之间也存在某种作用关系，如果日经225（Nikkei 225）指数朝着巴林银行的尼可·利森猜测的方向变化，也许我们不会发现利森的违法行为（见业界事例5-5）。如果基金经理的猜测是正确的话，我们也许不会发现基金经理违反投资规定的行为（见业界事例21-1）。

21.5 经济资本金的汇总

通常来讲，金融机构对于不同的业务类别要计算市场风险、信用风险、操作风险及业务风险

⊖ 在15.1节计算对手违约风险的预期费用时，我们假定风险之间没有相互作用。

的损失分布，完成这些计算以后，金融机构需要将所有的损失分布进行汇总以产生整个机构所需要的经济资本金总量。

最简单的做法是假定包括 n 个不同风险的整体资本金等于各项风险资本金的总和，因此，

$$E_{\text{total}} = \sum_{i=1}^{n} E_i \tag{21-1}$$

式中，E_{total}为面临 n 种不同风险的金融机构整体资本金的数量；E_i 为第 i 项单项风险所对应的资本金数量，巴塞尔委员会对于监管资本的做法与以上表达式一致，《新巴塞尔协议》所对应的整体监管资本金等于信用风险、市场风险及操作风险资本金的总和。

式（21-1）采用了一个非常保守的假设，即式中假定相关性完美（全相关）。假设对于经济资本金进行计算采用的置信水平为 99.9%，这意味着市场风险、信用风险及操作风险所对应的 99.9% 的最坏情形会同时发行。Rosenberg 及 Schuermann 估测市场风险与信用风险的相关性大约是 50%，市场风险及信用风险同操作风险的相关性大约都是 20%，他们的结果显示当采用式（21-1）来对市场风险、信用风险及操作风险进行汇总时会高估整体资本金达 40%。

21.5.1 假设正态分布

一种汇总风险的简单假设为风险服从正态分布，由 n 个不同种类的风险合成的整体风险的标准差为

$$\sigma_{\text{total}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}} \tag{21-2}$$

式中，σ_i 为第 i 项风险的损失分布的标准差；ρ_{ij} 为第 i 项风险与第 j 项风险的相关性。由式（21-2）可以计算资本金，例如对应于 99.9% 置信水平的超出预期的损失的最坏程度等于 3.09 与式（21-2）所计算数量的乘积。

以上方式往往会低估资本金的数量，因为以上的计算没有考虑分布的偏态以及峰度。Rosenberg 及 Schuermann 证明采用以上做法对市场风险、信用风险及操作风险进行汇总时会低估整体资本金达 40%。

21.5.2 采用 Copula 函数

一种更复杂的、对损失分布进行汇总的方法是采用 Copula 函数，在第 10 章中我们对 Copula 函数曾有所讨论。每种损失分布均以分位数对分位数的映射形式被映射到标准并且形状良好的分布之上，对于形状良好的分布我们可以定义某种相关性，并由此间接地得出原始变量的相关性结构。

在计算过程中我们可采用不同形式的 Copula 函数。当采用高斯 Copula 函数时，标准分布被假设为多元正态。另外一种选择是假设标准分布为多元 t-分布，在多元 t-分布中两个变量同时出现极值状态的概率要高于在高斯 Copula 函数中两个变量同时出现极值状态的概率，关于这一点我们在 10.4 节中已经有过较为深入的讨论。

21.5.3 混合型方法

有一种简单做法对损失分布进行迭加非常有效，这种方法被称为混合型方法（hybrid approach），在这种方法中整体资产的经济资本金与各个单项风险的资本金有如下关系

$$E_{\text{total}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} E_i E_j \rho_{ij}} \tag{21-3}$$

当损失分布为正态时，式（21-3）是恒等式；当损失分布为非正态时，式（21-3）为某种近似，但这种近似没有反映单项损失分布的肥尾特征。Rosenberg 及 Schuermann 的研究结果证明式（21-3）给出的结果同 Copula 模型的结果十分接近。

例 21-3

两个业务类别的市场风险、信用风险及操作风险经济资本金的估计在表 21-2 中有所展示，同时表 21-3 展示了各个业务类别风险损失的相关性，在每个业务类别中信用风险同市场风险的相关性为 0.5，操作风险同市场风险及信用风险的相关性均为 0.2（这里的参数选取同 Rosenberg 及 Schuermann 的结果一致）。

在不同业务类别上不同风险类型的相关性为 0；在不同业务类别上所有市场风险的相关性为 0.4；在不同业务类别上所有信用风险的相关性为 0.6；在不同业务类别上所有操作风险的相关性为 0。

表 21-2　例 21-3 中各个业务类别的经济资本金的估计

风险类型	业务类别	
	1	2
市场风险	30	40
信用风险	70	80
操作风险	30	90

我们可以将经济资本金以不同方式进行叠加，整体市场经济资本金为

$$\sqrt{30^2+40^2+2\times0.4\times30\times40}=58.8$$

整体信用风险经济资本金为

$$\sqrt{70^2+80^2+2\times0.6\times70\times80}=134.2$$

整体操作风险经济资本金为

$$\sqrt{30^2+90^2}=94.9$$

对于第一个业务类别的整体经济资本金估计为

$$\sqrt{30^2+70^2+30^2+2\times0.5\times30\times70+2\times0.2\times30\times30+2\times0.2\times70\times30}=100.0$$

对于第二个业务类别的整体经济资本金估计为

$$\sqrt{40^2+80^2+90^2+2\times0.5\times40\times80+2\times0.2\times40\times90+2\times0.2\times80\times90}=153.7$$

表 21-3　例 21-3 中业务类别风险损失的相关性

	MR-1	CR-1	OR-1	MR-2	CR-2	OR-2
MR-1	1.0	0.5	0.2	0.4	0.0	0.0
CR-1	0.5	1.0	0.2	0.0	0.6	0.0
OR-1	0.2	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0
MR-2	0.4	0.0	0.0	1.0	0.5	0.2
CR-2	0.0	0.6	0.0	0.5	1.0	0.2
OR-2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1	1.0

注：MR、CR 及 OR 分别代表市场风险、信用风险及操作风险。数字 1 及 2 分别代表业务类别。

整个企业的经济资本金是以下数量的平方根

$$30^2+40^2+70^2+80^2+30^2+90^2+2\times0.4\times30\times40+2\times0.5\times30\times70+2\times0.2\times30\times30+2\times0.5\times40\times80+2\times0.2\times40\times90+2\times0.6\times70\times80+2\times0.2\times70\times30+2\times0.2\times80\times90$$

即 203.224。

以上计算在很大程度上显示了风险分散所带来的好处。市场风险、信用风险及操作风险经济资本金的总和为 58.8 + 134.2 + 94.9 = 287.9，两种业务类别经济资本金的总和为 100 + 153.7 = 253.7，以上两个数量都比实际的经济资本金估计值 203.2 要大。

21.6　对于风险分散收益的分配

假定所有不同业务类别的经济资本金的总和 $\sum_{i=1}^{n} E_i$ 为 20 亿美元，而实际的整个银行的经济资本金为 13 亿美元，在计算中采用了非完美的相关性（实际资本金是各项资本金总和的 65%），这种计算方式给银行带来了 7 亿美元的风险分散收益，银行应如何对这 7 亿美元的收益进行分配呢？

一种简单的方法是将第 i 个业务线的经济资本金分配为 $0.65E_i$，这种方法可能不是最优，假定我们总共有 50 个业务部门，其中两个业务部门的经济资本金均为 1 亿美元，如果在计算中不考

虑第一个部门，银行整体经济资本金降低6 000万美元；如果在计算中不考虑第二个部门，银行整体资本金降低1 000万美元。第一个部门所持有的资本金要高于第二个部门，这是因为这一部门对于银行的整体附加效应比第二个部门要更强。

这一问题与在8.7节中讨论的VaR的分配问题类似，一种方法是对每个业务部门计算附加资本金（incremental capital），然后对业务部门所设定的资本金与附加资本金成一定比例（附加资本金等于包括某业务部门与不包括某业务部门的资本金数量的差）。另外一种方法涉及成分资本金（component economic capital），即对第 i 个业务部门所设定的资本金为

$$x_i \frac{\partial E_{\text{Total}}}{\partial x_i}$$

x_i 为第 i 个业务类别的投资数量，如在8.7节指出的那样，以上结果被称为Euler定理，这一结果保证了各个业务类别所分得的资本金总和仍然为 E_{Total}。

定义 Q_i 为 x_i 增加 Δx_i 时相应的经济资本金的增加量，对于业务部门 i 所摊派资本金的离散估计为

$$\frac{Q_i}{y_i} \tag{21-4}$$

其中 $\Delta y_i = \Delta x_i / x_i$。

例21-4

现在我们再一次考虑例21-3，这里整体经济资本金为203.2，对于第一个业务类别计算的经济资本金为100，对于第二个业务类别计算的经济资本金为153.7。

比较简单的方式是将占整体资本金100/253.7的部分摊派给第一个类别，而将占整体资本金153.7/253.7的部分摊派给第二个类别，这样一来第一类别所摊派的经济资本金为80.1，第二类别所摊派的资本金为123.1。

第一类别对于整体资本金的附加效应为203.2 − 153.7 = 49.5，类似第二类别对于整体资本金的附加效应为203.2 − 100 = 103.2，两个附加效应之和不等于整体资本金（这种方法所计算的结果一般具有这样的性态）。可以采用附加效应数量作为基底变量来对资本金进行摊派，我们可以将整体资本金49.5/(49.5 + 103.2)的部分摊派给第一类别，并将103.2/(49.5 + 103.2)的部分摊派给第二类别，第一类别及第二类别所摊派的资本金量分别为65.9及137.3。

为了应用式（16.4），我们可以对偏导数求得解析解；另外一种做法是对偏导数求得数值解。我们如果将第一类别的规模增长1%，由表16-2显示的市场风险、信用风险及操作风险的经济资本金分别变为30.3、70.7及30.3，这里整体经济资本金变为203.906，因而 $Q_1 = 203.906 - 203.224 = 0.682$。如果将第二类别的规模增长1%，由表16-2显示的市场风险、信用风险及操作风险的经济资本金分别变为40.4、80.8及90.9，这时整体资本金变为204.577，因而 $Q_2 = 204.577 - 203.224 = 1.353$。在这里我们考虑的是每个业务类别的规模均增大1%，即 $y_1 = y_2 = 0.01$，由式（21-4）我们可以得出摊派到两个类别的经济资本金分别为68.2及135.2（这两个数量之和与203.2有一些差别，这是由于计算偏导数的误差所致）。

21.7 德意志银行的经济资本金

德意志银行在其年报上发表其经济资本金的数量，表21-4是对其2007年监管及经济资本金的一个总结，德意志银行对于市场风险、信用风险、操作风险及业务风险计算了资本金，也对市场风险、信用风险及操作风险的分散效应进行了计算，但对其他业务风险的分散效应没有这么做。德意志银行整体经济资本金为136亿欧元，这比相应的监管资本金要小很多，监管资本金是风险加权资产的8%，即252亿欧元，实际上，真实资本持有量为风险加权资产的11.6%，即365亿欧元，这显示德意志银行在2007年年底，持有资本金与其风险比较相对充足。表21-5显示了资本

金如何被分配到不同的业务线之中。

表 21-4 德意志银行的经济资本金以及监管资本金 （单位：100 万欧元）

信用风险	8 526
市场风险	3 481
操作风险	3 974
信用、市场、操作风险的分散效应	(2 651)
业务风险	301
整体经济资本金	13 611
整体风险加权资产	314 845
1 类资本充足率（占整体风险加权资产的比率）	8.6%
2 类资本充足率（占整体风险加权资产的比率）	3.0%
整体资本充足率（占整体风险加权资产的比率）	11.6%

表 21-5 德意志银行的经济资本金分配 （单位：100 万欧元）

企业银行及证券	10 533
全球交易业务	430
资产和财富管理	871
私人客户业务	1 566
企业投资	207
整合及调解	5
总计	13 611

21.8 RAROC

经风险调节的绩效检测（risk-adjusted performance measurement，RAPM）在近年来已经成为检验银行业务的重要工具，检测方式多种多样，但这些检测方式的共同点是所有这些度量都是在检验回报与包括风险的资本金之间的关系。

在这些方法中最为流行的方法是将回报与经济资本金进行比较，这一方法被命名为经风险调节的资本金回报（risk adjusted return on capital，RAROC）。公式写为

$$\text{RAROC} = \frac{\text{收入} - \text{费用} - \text{预期亏损}}{\text{经济资本金}} \tag{21-5}$$

式中，分子既可以是税前收入也可以是税后收入，通常来讲，由经济资本金所带来的无风险利息收入也应在分子项有所考虑。

例 21-5

某 AA 级银行在某地区放贷，每年贷款的平均损失为 1%，对应于 99.9% 置信水平的最坏损失（即损失超过这一数量的概率仅为 0.1%）为整个贷款量的 5%，如在例 21-1 中展示的那样，每 100 美元贷款所对应的经济资本金为 4 美元，这一数量为 99.9% 置信水平所对应的最坏损失与预期亏损的差（这里忽略了实际贷款中的风险分散效应）。资金费用与利息的差价为 2.5%，将 1% 的预期亏损扣除，我们得出每 100 美元贷款的盈利为 1.5 美元，假定贷款部门管理费用为整体贷款数额的 0.7%，每 100 美元的预期盈利降为 0.8 美元，因此 RAROC = 0.8/4 = 20%，另外一种计算方法是将由经济资本金带来的利息也在分子项有所考虑，假设无风险利率为 2%，那么 0.02 × 4 = 0.08 被分配到分子上，这时 RAROC = 0.88/4 = 22%。

正如 Matten 指出的那样，由式（21-5）计算的数量应称为经风险调节的回报与资本金的比率

(return on risk adjusted capital, RORAC) 而不是经风险调节的资本金回报，即 RAROC[1]，理论上讲，在 RAROC 计算中我们应该对回报（分子项）进行风险调节，而在式（21-5）中我们只对资本金（即分母项）进行了调节。

RAROC 的应用有两种方式，即事先（ex-ante，即在年初）和事后（ex-post 即在年末）两种形式。事先形式是基于对将来预期收益的估算，事后形式是基于实际收益的数量。采用事先形式，我们可以决定在将来哪些部门应该缩减或扩大；采用事后形式，我们可以测定不同部门的表现并决定分红。

在决定将来哪些部门应该缩减或扩大时，事后形式通常并不适用（虽然我们会倾向于这种做法），某年的糟糕表现可能是由于信用损失比平均值要高，或者在某年出现了一个较大的操作风险损失，重大业务决策应基于管理人员对业务长期表现的预测。

21.9 小结

经济资本金是为了保证银行或其他金融机构有能力应付自身面对的风险。在计算经济资本金时，金融机构有权对模型做出选择，选择的模型并不一定同监管部门提出的模型一致。一般来讲银行首先要计算市场风险、信用风险、操作风险以及（可能的话）业务风险资本金，然后将这些数值进行汇总以产生整个银行的经济资本金的数量，通常我们假设风险并非是完全相关的，我们对风险分散化的收益要进行估测，并将资本金分配到业务线，通常计算资本金的方法要反映业务线对整体资本金的贡献。

对应于一年展望期的市场风险分布、信用风险分布以及操作风险分布会很不同，市场风险分布比较对称，信用风险分布具有一定的倾斜度而操作风险分布具有很高的倾斜度及肥尾特性。

整体经济资本金要在全行各个业务类别进行摊派，然后每个业务类别的资本回报被得以计算，摊派方式有很多种，但最好的方式应该体现业务类别对于全行整体资本金的附加效应，因为风险多元化的原因，摊派到每个业务类别的资本金一般比对这个类别单独进行计算所得的资本金数量要低。

推荐阅读

Dev, A., *Economic Capital: A Practitioner's Guide*. London: Risk Books, 2004.

Matten, C., *Managing Bank Capital: Capital Allocation and Performance Measurement*, 2nd edn. Chichester, UK: Wiley, 2000.

Rosenberg, J. V., and T. Schuermann, "A General Approach to Integrated Risk Management with Skewed, Fat-tailed Risks," Federal Reserve Bank of New York, Staff Report No. 185, May 2004.

练习题

21.1 经济资本金与监管资本金的区别是什么？

21.2 确定金融机构经济资本金置信区间的决定因素是什么？

21.3 业务风险都包括什么内容？

21.4 采用内部模型来计算市场风险、信用风险及操作风险经济资本金在哪些方面与监管

[1] 请参考 C. Matten, *Managing Bank Capital: Capital Allocation and Performance Measurement*, 2nd edn., Chichester, UK: Wiley, 2000。

资本金的计算不同?

21.5 假定信用损失服从对数正态分布，即损失的对数为正态，这里的期望值为0.5，标准差为4，99.97%的置信水平所对应的经济资本金为多少?

21.6 假定对于两个不同的业务类别所估测的经济资本金如下表所示：

风险类型	业务部门	
	1	2
市场风险	20	40
信用风险	40	30
操作风险	70	10

假定风险之间的相关性如表21-3所示，计算每一个业务类别的经济资本金。将两个业务类别合并在一起所对应的经济资本金数量为多少?

21.7 在练习题21-6中，每一个业务类别对于整体经济资本金的附加效应为多少？以此来计算每个业务类别的资本金的摊派量，每一个业务类别的规模分别增长0.5%，对于整体资本金的影响是什么？请验证你的结果与Euler定理的一致性。

21.8 一家银行在考虑扩大其资产管理运作业务，这种业务的主要风险是操作风险，经估算得知新业务一年的预期亏损为200万美元，而99.97%置信水平所对应的最坏损失为4 000万美元，每年从客户那收到的资产管理费为1 200万美元，管理费用预计为500万美元，这项业务税前RAROC为多少?

21.9 RAROC可以用哪两种形式加以应用?

作业题

21.10 假定每天的损失为正态分布，标准差为500万美元。(a) 估计对于市场风险的最低监管资本金的数量（假定乘积因子为4.0）；(b) 采用一年展望期及99.9%置信水平，根据以上假设计算相应的经济资本金数量。

20.11 假如对于两个不同业务类别的经济资本金的估计如下表所示：

风险类型	业务部门	
	1	2
市场风险	10	50
信用风险	30	30
操作风险	50	10

同一业务类别的市场风险与信用风险的相关性为0.3，不同业务类别的信用风险的相关性为0.7，不同业务类别的市场风险的相关性为0.2，其他风险之间的相关性为0，请计算整体经济资本金，对于每个业务类别资本金的摊派分别为多少?

21.12 假定某银行仅有的两项业务是在世界上两个不同地区进行放贷，每一个地区的放贷特征与21.8节中的例21-5中的情形相似，对于地区A放贷是对于地区B放贷的3倍，两个地区贷款损失的相关性为0.4，请估算整体RAROC。

CHAPTER 22

第22章

重大金融损失和借鉴意义

自20世纪80年代中期开始，金融市场出现了若干起引人注目的重大损失，本章我们将要对其进行讨论并从中吸取教训，我们还要对以前若干章的要点进行强调。本章所要考虑的重大损失列举在业界事例22-1中。

业界事例22-1

重大金融损失

爱尔兰联合银行

这家银行因为其外汇交易员John Rusnak若干年的非授权投机交易而损失了7亿美元，Rusnak以制造虚假期权交易的形式掩盖了他的损失。

巴林银行（见业界事例5-5）

这家运作了200年的英国老牌银行因为其外派新加坡的交易员尼可·利森的行为而毁于一旦。尼可·利森的职责是从新加坡与大阪的日经225期货指数的报价中进行套利，而实际上他采用期货和期权对日经225指数进行了大笔方向性投机。

安然的交易对手

安然公司精心设计出一些合约，这些合约使得安然公司的股东对公司的运作一无所知，在后来帮助安然公司达到其欺骗目的的许多公司因法律纠纷付给安然公司股东的赔偿超过了10亿美元。

哈默史密斯和富勒姆（见业界事例18-1）

这个英国城市的市政当局因为英镑互换以及期权交易在1988年损失了近6亿美元，对这些交易负有直接责任的两个交易员对于产品知识的缺乏令人吃惊。

基德公司（见业界事例20-1）

公司交易员约瑟夫·杰特的个人行为给该券商带来了3.5亿美元的损失，约瑟夫的交易产品主要是美国国债，他的损失是公司计算机系统计算盈利的公式错误而造成的。

长期资本管理基金（见业界事例15-1）

这家对冲基金公司在进行收敛套利交易时损失约40亿美元，损失的发生是由于在俄罗斯政府违约后市场择优而栖现象所致。

国民西敏寺银行（National Westminster Bank）

这家银行在1997年因使用错误模型来对互换期权定价而损失了1.3亿美元。

奥兰治郡（见附录B）

奥兰治郡的基金经理罗伯特·西特仑的行为造成了这个加州城市在1994年损失了近20亿美元，这位管理人采用衍生产品来对利率进行投机，他下注赌利率不会增长。

宝洁公司（见业界事例5-4）

这家美国公司与信孚银行进行结构性产品交易时损失了近9000万美元，后来这家公司起诉信孚银行，法律纠纷最终得到庭外解决。

兴业银行

法国兴业银行的股票交易员杰洛米·科维尔因在2008年1月对于股指进行赌博，损失达70亿美元，据说，杰洛米·科维尔是通过构造虚假交易方式来掩盖自己的风险暴露。次债损失（见第16章）在2007年，投资人对由美国次级按揭所生成的结构性产品失去了信心，这触发了市场的信用紧缩和自20世纪30年代以来最大的市场萧条，在此期间金融机构的损失高达数百亿美元。

业界事例22-1所列举的事件有一个显著的共同特点，那就是由单一雇员造成的重大损失出现的次数较为突出。在1994年罗伯特·西特仑的交易造成加利福尼亚州奥兰治郡的损失达20亿美元；约瑟夫·杰特的交易造成基德公司的损失达3.5亿美元；1995年尼可·利森的交易造成一个运作了200年之久的英国老牌银行巴林银行垮台；John Rusnak给爱尔兰联合银行带来7亿美元的损失在2002年被曝光；杰洛米·科维尔在2008年给法国兴业银行造成的损失达70亿美元。

22.1 风险额度

我们应吸取的第一个也是最重要的教训是关于风险额度，所有的公司（金融以及非金融机构）必须对自身所能承担的风险有一个清晰的、明确的定义，公司应该设定管理程序来保证额度的贯彻执行。整体风险额度应该由董事会建立，然后这些额度应被转化为负责某特定风险的管理人员的特定额度，每天的风险报告应该是对将来市场变化所带来盈亏的一个预测，所预测的数值要与实际损失进行比较，以保证为产生报告所使用的定价工具的准确性。

在应用衍生产品时，公司应该对自身面临的风险进行仔细的检测，这是因为衍生产品既可以用来对冲风险也可以用于投机及套利，如果不对风险进行仔细检测，我们几乎不可能知道交易员是否由一个对冲者变成了投机者，或者从套利者变成了投机者。巴林银行就是一个典型的管理失败的实例，尼可·利森的职责是在新加坡和大阪市场有关日经225期货报价中进行低风险的套利，但是他在其伦敦上级管理人员不知情的情况下由套利者变成了投机者，利森对日经225指数下了巨大的方向性赌注，巴林银行管理系统非常不完善，以至于当时没有人知道利森在做什么。

我们这里的观点并不是说我们不能承担任何形式的风险，一个公司的资金管理人员、一个金融机构的交易员或者基金经理对于市场变量将来的变化有采取某种行动的权力，但是这些交易人员的交易量一定要受到某种制约，公司必须能建立准确报告有关交易风险的系统。

22.1.1 进退两难的困境

如果某个交易员在超过了风险额度的情况下取得了盈利，这时我们应该怎么办？对于管理部门来讲，这是一个棘手的问题，交易员的盈利会使人们忽略其违反额度的行为，但这是一种短视的做法，所促成的风险文化会对风险额度不再重视，这也会给将来的失败埋下了隐患，这里一个典型的实例是奥兰治郡。奥兰治郡的罗伯特·西特仑在1991~1993年曾给这座城市带来了巨大的盈利，城市以他的交易收入作为运转资金，人们因为西特仑的盈利而忽略他所承担的风险，不幸

的是1994年西特仑的损失远超过了他若干年的盈利。

在盈利时对于违反交易额度的惩罚与在亏损时对于交易额度的惩罚要等同，否则交易员在交易损失之后会加大自身的交易量来取得盈利，并希望人们忘记自己的交易损失。

22.1.2　不要认为你能猜透市场

有的交易员对于市场的预测可能比其他人更为准确，但是他对于市场的预测不可能永远正确。交易员在所有的预测中有60%正确就已经相当不错了，出类拔萃的战绩（像20世纪90年代初的罗伯特·西特仑）很可能是由于运气，而并非交易技巧。

假定某金融机构雇用了16名交易员，其中一名交易员在过去一年中的每一个季度都盈利，这位交易员是否应拿到更多的分红呢？他的交易额度是否应该增加呢？对第一个问题的回答无疑是肯定的，但对于第二个问题答案应该是否定的。在四个季度中均盈利的概率为0.5^4，即1/16，这意味着即使完全出于随机，每16个交易员中就至少会有一位每个季度"都盈利"。我们不应该相信交易员的运气会永远持续，不应该因为交易员的暂时盈利而给他增加交易额度。

22.1.3　不要忽略多元化的好处

若交易员比较擅长预测某些市场变量，公司有给这些交易员增加额度的倾向，我们在前面指出，这么做可能是一个很糟糕的决策，这是因为交易员的交易结果可能是出于运气而并非智慧。即使我们确信某交易员具备某种天赋，这时我们应该如何安排交易组合的单一性（非分散性）来从这个交易员的天赋中盈利呢？如1.1节所示，这时风险分散所带来的好处是巨大的，我们应该认识到世界上不存在如此出色的交易员以至于我们忽略风险分散的好处，我们不应该对交易员寄予过分的希望。

接下来用一个实例来说明问题，假定有20只股票，每只股票的预期回报均为10%，回报的标准差为30%，股票两两之间的相关性为0.2，投资人将资产以均等形式投入这20只股票，投资人投资组合的预期回报为10%，标准差为14.7%，风险分散使得投资人的风险降低了一半多，另外一种说法是风险分散使得我们承担的每一份风险的回报增加了一倍，只进行一只股票投资的投资人必须极其"优秀"才能取得比以上更好的风险回报替换关系。

22.1.4　进行情景分析和压力测试

如第17章所述，在计算VaR的同时我们必须进行情景分析和压力测试，这有助于我们对薄弱环节的风险的进一步理解。如果没有很严格的压力测试管理流程，人类有一个很不好的倾向，那就是在做出决策时往往过分依赖一两个情形，例如在1993年和1994年，宝洁公司在其决策过程中坚信利率会维持在低水平，而完全忽略了利率增长100个基点的可能性。

一旦压力测试的结果出台后，它们一定要成为金融机构战略决策的一部分。通常年景好时，压力测试往往会被忽略，2007年7月以前，这曾发生在一些金融机构身上。

22.2　对交易平台的管理

在交易大厅有一个倾向：那些交易表现出色的交易员往往不可冒犯，对于这些交易员的监测要比其他交易员松得多。很显然基德公司的"明星"交易员约瑟夫·杰特平时可能忙于交易，没有时间来回答公司风险管理人员的问题。

所有的交易员，特别是那些盈利高的交易员都应该非常可靠，这一点至关重要。金融机构对

某笔高收入的交易是否由于高风险所致应该有一个清醒的认识。另外，银行必须检验自身交易系统和定价模型的准确性，确保这些交易工具没有被滥用。

22.2.1 确保前台、中台以及后台职责的分离

金融机构的前台主要由交易员组成，交易员的职责是进行交易，即对产品进行买卖；中台主要由风险管理人员组成，风险管理人员的职责是监测前台的风险；后台的职责主要是记账（record keeping）和财会结算。有些金融衍生产品灾难的源泉就在于对以上几个职能部门的职责没有进行区分，利森掌管了巴林银行在新加坡分行的前台和后台，因此他有机会在长时间内掩盖其大笔交易的损失，远在伦敦的上级对他的行为毫无察觉。

22.2.2 不要盲目地相信模型

我们在第20章对模型风险有过讨论，某些金融机构的大笔金融损失是由模型及计算机系统的错误所造成，基德公司就曾被自身的计算机系统愚弄；另外一个例子是国民西敏寺银行因使用错误模型而蒙受损失，这家银行错误的互换期权定价模型给银行带来巨大的损失。

如果某家金融机构采用相对简单的交易策略而获得大笔盈利，那么有很大的可能是因为这家金融机构计算盈利的模型中存在问题，类似地，如果某家金融机构对于某个特定产品报价一直比其他同业竞争者要好，那么有很大可能是这家公司所采用的模型同其他市场参与者的模型有所不同，这时这家机构应对自身的模型进行仔细分析，对于交易平台的主管来讲，赢得某一单项生意太多同赢得生意太少一样令人担忧。

22.2.3 以保守方式记录起始盈利

当金融机构向非金融机构出售复杂的结构性产品时，产品的价格与模型有直接的关系。例如，产品中如果包含期限较长的利率期权，这时产品价格会同所采用的利率模型有相当大的关系，这时市场上经常以按模型计价（mark to model）的方式来计算产品每天的价格变动，因为这时在市场上找不到类似的产品来作为这些结构性产品的定价标准。

假定一金融机构出售给客户某产品的价格比实际价格或者模型价格高出1 000万美元，这里的1 000万美元被称为起始盈利（inception profit），这一起始盈利应该在什么时候被记入账户呢？对于这笔盈利的处理方法多种多样，有些银行马上将这笔钱记入盈利，而有一些银行会较为保守地在合约期限内逐渐将这笔收入计入盈利账户。

将起始盈利迅速记入盈利账户是一种非常危险的做法，这样做会鼓励交易员采用激进的模型，交易员会在挣得分红后，在模型以及交易价格受到严格审核之前选择离开银行。将起始盈利逐渐记入盈利账户是一种很好的做法，这样做能使交易员在交易之前有动机去检测不同模型和假设对交易产品价格的不同影响。

22.2.4 不要向客户出售不适宜的产品

卖给客户不适宜的产品对于金融机构是很容易发生的事情，这种现象尤其在客户偏好某种风险时更为明显，但这么做是非常没有远见的。关于这一点最明显的实例是信孚银行（Bankers Trust，BT）在1994年春天的一些交易行为，那时许多信孚银行的客户被信孚银行说服购买了许多高风险但对客户根本不适宜的产品，一个典型产品是给客户提供较大的机会节省几个基点的融资费用但同时有较小的机会造成大笔费用的支出。这些产品在1992年和1993年给许多信孚银行

的客户带来了收益，但在1994年利率上涨时，这些产品终于出现问题，这些问题最终对信孚银行的公众形象造成很大伤害。随后信孚银行需要花很多年去修复同企业客户的关系，信孚银行在开发衍生产品的名声因为几个激进的销售员而毁于一旦，信孚银行向客户付出大笔赔偿以试图庭外解决法律纠纷，后来信孚银行终于在1999年被德意志银行吞并。

22.2.5 对不劳所获要保持警惕

安然公司向我们提供了激进交易员会造成巨大损失的又一实例。曾经有一段时间，许多机构认为与安然进行交易会带来滚滚财源，因此，许多银行纷纷争先恐后地与安然进行业务往来。从安然实例中我们可以学到：许多银行都在推崇某一业务的事实并不能说明这一业务最终一定会盈利，事实上，许多被银行推崇的与安然进行的业务最终给银行的权益人带来了很高的法律诉讼代价。我们对某种盈利较高的业务要仔细检验其潜在的操作、信用及市场风险。

还曾经有一段时间，对许多银行而言，对于由次债所产生的ABS和ABS CDO的AAA级份额的投资简直是一个印钞机（见第16章），这些产品所承诺的收益远高于其他类的AAA债券，而市场上几乎没有投资人对这些额外收益是否由于风险过高而进行质询。

22.3 流通风险

我们在第19章曾对流通风险有过讨论，金融工程师对市场上交易不太活跃的特种产品定价通常是基于市场上交易活跃的产品的价格，例如：

- 金融工程师往往采用市场上交易活跃的政府债券，即指标债券（on the run bonds）来建立零息利率曲线，然后通过这些曲线来对交易不频繁的产品非指标债券（off the run bonds）进行定价。
- 金融工程师经常由交易活跃的期权价格来计算隐含波动率，然后将这些波动率用于市场不活跃的产品的定价之中。
- 金融工程师经常从交易活跃的利率交易产品，如利率上限及利率期权之中，求得利率变动的隐含信息，然后将这些信息用于计算复杂特种产品的价格。

以上做法并不是不合理，但是有时假设市场交易不频繁的产品的交易价格与其理论价格等同的做法可能非常危险。当金融市场经历不同形式的风波以后，市场上可能会产生流通黑洞（见19.3节），这时流动性对于投资人来讲非常重要，而流动性不好的产品价格同其理论价格相比有一个很大的折价，这时在交易决策中假设流通性相对不好的产品在短期内的售出价格同理论价格相同将是十分危险的。

LTCM提供了一个流动性风险的实例，这一实例在业界事例15-1中有所展示。LTCM采用的套利策略被称为收敛套利，在这种套利策略中需要识别两种债券（或债券组合），这两种债券的理论价格应该一致，如果在市场中某种债券的价格较低，这时可以买入低价格债券而卖出高价格债券，这种套利的根本假设就是如果两种债券理论价格一致，那么其市场价格在最终也会一致。

在1998年夏天LTCM的损失巨大，其损失的根本原因是俄罗斯政府债券的违约造成市场择优而栖现象的发生，LTCM在交易中持有流动性差的产品的长头寸而同时持有流动性好的产品的短头寸（例如，LTCM同时持有非指标债券的长头寸及指标债券的短头寸）。在俄罗斯债券违约后，流动性好的产品及流动性差的产品的差价急剧增大，LTCM杠杆效应又极强，因此在蒙受损失的同时又伴随着追加抵押金的要求，这时LTCM无法再满足承诺。

LTCM的实例再一次强调了情景分析以及压力测试的重要性，通过这些分析我们可以看到最

坏情形所对应的损失，如第 17 章所述，在分析中，我们需要考虑目前的损失，同时还要考虑由其他公司损失所带来的关联效应（knock-on effect）。

22.3.1 当所有人都在做同样的交易时应倍加小心

有时市场上很多参与者会同时进行同样的交易，这会造成危险的市场环境，市场会产生大幅度振荡，导致流动性黑洞的出现并使市场参与者蒙受巨大损失。

我们在业界事例 19-4 中给出了另一个实例，这一实例是关于资产组合保险策略及 1987 年 10 月的市场暴跌。在市场暴跌的前一个月，有越来越多的交易组合管理人员以合成看跌期权的形式来对他们的资产组合进行保护。组合管理人员在市场升值时买入股票或股指期货而在市场下跌时卖出股票或股指期货，这种策略造成市场的不稳定，市场一个较小的下跌会造成资产管理人员抛出股票的浪潮，这一浪潮会促使市场下跌，然后又进一步促成投资组合管理人员抛售股票。毫无疑问，如果没有投资组合保险策略的存在，1987 年 10 月的股票下跌也不会那么严重。

另外一个实例是 1998 年 LTCM 的损失。LTCM 在遇到麻烦以后，其他采用同样收敛套利策略的对冲基金使 LTCM 的困境雪上加霜。在俄罗斯债券违约造成市场择优而栖现象以后，LTCM 曾试图变卖自己的部分资产以满足抵押金的要求，不幸的是其他对冲基金也面临类似的问题，这些对冲基金也想做类似的交易，这使得市场情况进一步退化，流动性差价变得更大，同时使得择优而栖现象更加严重。假设，LTCM 的头寸为美国国债，LTCM 持有流通性差的非指标债券的长头寸以及流通性好的指标债券的短头寸，当择优而栖现象产生后两种债券的收益率的差价增大，LTCM 只有变卖部分非指标债券同时买入指标债券，其他对冲基金也在进行同样的交易，所有这些交易促成指标债券价格相对于非指标债券价格继续上涨，两种债券收益率的差价比以往更大。

另一个实例是关于 20 世纪 90 年代英国保险公司的损失，这一实例曾在业界事例 3-1 中有所讨论，在那时所有保险公司都在对冲自身的头寸中对于长期利率下降的风险，而这些对冲行为造成了长期利率的下降！

从这些实例中我们得到的主要教训是，对于金融市场的整体要有一个清醒认识，这一点至关重要。当市场许多参与者执行相似的交易策略时，我们应该对市场隐含的内在危机保持清醒的头脑。

22.3.2 不要用短期负债来支撑长期资产

如 7.1 节所述，金融机构应将自身的资产和负债进行匹配，做到这一点非常重要，如果没有做到这一点，金融机构会面临巨大的利率风险。20 世纪 60 ~ 80 年代，美国信贷利用短期负债来支撑长期资产而造成了经营的失败，大陆伊利诺伊银行在 1984 年因为同样的错误也难逃厄运（见业界事例 7-1）。

在 2007 年信用紧缩开始之前，市场上有一种倾向，就是在次贷按揭和其他长期资产被打包成结构性产品之前，市场参与者常常利用商业票据来进行融资，管道公司和其他特殊目的公司一直有这样的运作方式，商业票据每个月都被进行延展，例如，买入 4 月 1 日发行的商业票据的投资人在 5 月 1 日所得赎回资金（即卖出 4 月 1 日发行的商业票据所得资金）将用于购买 5 月 1 日发行的商业票据；并依此类推，即买入 5 月 1 日发行的商业票据的投资人在 6 月 1 日所得赎回资金将用于购买 6 月 1 日发行的商业票据，等等。当投资人在 2007 年 8 月失去对次级债券的信心时，这些商业票据不再能够被延展，在许多情况下，银行必须提供担保和融资保证，投资人对次级债券信心的丧失造成了流动性短缺，因此，正是由于没有长期资产融资的安排，信用紧缩才这么严重。

22.3.3 市场透明度非常重要

2007年的信用紧缩给我们一个教训是，市场透明度十分重要。在2007年危机以前，投资人热衷于结构性产品交易，但实际上他们对基础资产并不了解，他们仅有的信息是交易产品的信用评级。现在回头看，我们可以说投资人对于基础资产应该寻求更多的信息，并同时应对自身承担的风险进行谨慎分析。

在2007年8月，因为次债违约，投资人对于所有结构产品失去了的信心，这造成了市场的崩溃，份额结构资产的出售价格远远低于其理论价格，市场出现了择优而栖现象，信用溢差也激增。如果市场具有良好的透明度，投资人确实对自身买入的资产抵押证券有所了解，虽然市场仍然还会出现次债损失，但择优而栖现象以及市场所受到的冲击就不会这么严重。

22.4 对于非金融机构的教训

我们在下面将要总结以上所有损失带给非金融机构的教训。

22.4.1 理解你的交易目的

企业一定不要去做自己不理解的交易，并且不要去执行自己不理解的交易策略。这听起来是十分明显的事，但我们会吃惊地发现往往在巨大的损失之后，仍有如此之多的非金融机构的交易员承认自己的无知，并且声称自己的错误是由于投资银行的误导。奥兰治郡的西特仑就是其中一员，还有哈默史密斯和富勒姆的交易员，虽然他们的交易量巨大，但对于利率互换及其他利率衍生产品的知识却惊人的缺乏。

如果一个企业的高管对于下级所提出的交易不理解，那么该交易也不应该被通过。一个简单规则是如果一个交易的动机是如此复杂以至于管理人员都不能理解，这时基本可以确定这一交易对于企业一定不合适。采用这一规则，宝洁公司的交易一定会得到否决。

一种保证彻底理解某金融产品的方式是对这一产品进行定价，如果企业没有内部力量去对于某产品进行定价，那么企业就不应该交易该产品。在实践中企业常常依赖于自身的投资银行所给出的关于价格的建议，这么做是很危险的。宝洁公司就说明了这一点，当公司想对交易进行平仓时，产品的价格是由信孚银行的特有模型计算所得，这种做法不可能提供价格的任何检验。

22.4.2 保证对冲者不要成为投机者

生活中有一个不幸的事实：对冲决策相对来讲缺乏悬念，而投机行为往往激动人心。当一家公司雇用了一交易员来管理其外汇风险、商品价格以及利率风险时，以下的危险可能会发生：在最初时交易员工作勤奋，并赢得了公司高管的信任，这时他会对公司的风险暴露进行评估并采取对冲措施，随着时间的推移，交易员逐渐确信他自己可以把握市场，并渐渐地变成投机者，在刚刚开始投机时，他可能一切顺利，但不久产生了交易损失，为了掩盖损失，交易员会将交易量加倍来进行赌博，进而又可能触发更大的损失，久而久之交易员的行为会造成重大金融损失。

就像我们以前讨论的那样，风险额度一定要由高管事先确定，对于额度的实施要设定一定的控制环节。企业在进行交易之前要对自身面临的外汇、利率、商品市场等风险做一个分析，交易决策是为了保证将风险控制在一定的可接受范围。企业的交易与企业的风险暴露脱节是出现问题的明显前兆。

22.4.3 要警惕将资金部门变成盈利中心

在过去的20年有一种将公司的资金部门转换为盈利中心的趋势，这么做看起来有一定好处，资金部门有动力去减少融资费用并尽可能提高自身的风险盈利，问题是资金部门所能取得的盈利是有限的，在进行融资或者将额外资金进行投资时，资金主管面临的市场是一个有效市场，资金部只有在承担更大风险的前提上才能改善自身的管理底线（即降低融资成本）。公司的对冲项目可以给资金主管一个采取迅速行动而带来盈利的机会，但我们应该记住对冲的目的是减小风险而不是增加预期盈利。采用对冲决策后产生更糟糕结果的概率是不采用对冲决策的一半，因此将资金部变为盈利中心的危险是资金部（主管）可能成为投机者，因此像奥兰治郡及宝洁公司的现象也就容易产生。

22.5 小结

我们从这些损失中得出一个重要的认识是内部控制的重要性。交易员的风险量、采用的模型以及不同业务的数量都应在控制之下，在进行情景分析时，一定要将思路放宽（think outside the box），LTCM和安然的对手银行及其他许多金融机构没有能做到这一点，其后果十分严重。

推荐阅读

Dunbar, N., *Inventing Money: The Story of Long-Term Capital Management and the Legends Behind It*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2000.

Jorion, P., *Big Bets Gone Bad: Derivatives and Bankruptcy in Orange County*. New York: Academic Press, 1995.

Jorion, P., "How Long-Term Lost Its Capital," *Risk*, September 1999: 31-36.

Ju, X., and N. Pearson, "Using Value at Risk to Control Risk Taking: How Wrong Can You Be?" *Journal of Risk*, 1(1999): 5-36.

Thomson, R., *Apocalypse Roulette: The Lethal World of Derivatives*. London: Macmillan, 1998.

Zhang, P. G., *Barings Bankruptcy and Financial Derivatives*. Singapore: World Scientific Publishing, 1995.

APPENDIX

附录A

利率复利频率

某银行报告注明年储蓄利率为10%，这句话听起来虽然直接并且含义清楚，但事实上这句话的意思与利率的计量方式有关。

假定利率计量方式为一年复利一次，银行报告中注明的10%利率是指100美元的投资在年终会变成

$$100 \times 1.1 = 110 \text{（美元）}$$

当利率计量方式为每年复利2次，这意味着每6个月的投资会带来5%的利息收入，假定利息也用于再投资，100美元的投资在一年后会增长为

$$100 \times 1.05 \times 1.05 = 110.25 \text{（美元）}$$

当利率计量方式为每年复利4次，这意味着每3个月的投资会带来2.5%的利息收入。假定投资所得利息均用于再投资，100美元的投资在一年后会增长为

$$100 \times 1.025^4 = 110.38 \text{（美元）}$$

表A-1显示出复利频率的增长对投资回报的影响。

表A-1 利率为每年10%，复利频率增加对于100美元投资在一年后的终值的影响

复利频率	100美元的投资在1年后的价值
每年复利1次（m=1）	110.00
每年复利2次（m=2）	110.25
每年复利4次（m=4）	110.38
每年复利12次（m=12）	110.47
每年复利52次（m=52）	110.51
每年复利365次（m=365）	110.52

利率复利频率定义了利率的计量方式，一个以一年复利一次的利率可以被转换成一个以不同频率复利的利率。例如，由表 A-1，我们可以看出一年复利一次计息利率 10.25% 与一年复利两次的计息利率 10% 等价，利率在不同计息频率下的相互关系可类比为公里同英里的关系，不同的计息频率代表不同的利息计量方式。

为了推广以上结果，我们假设将 A 数量资金以一年复利一次利率投资 n 年，投资的终值为

$$A(1+R)^n$$

如果利率对应于一年复利 m 次利息，投资终值为

$$A\left(1+\frac{R}{m}\right)^{mn} \tag{A-1}$$

$m=1$ 时所对应的利率有时被称为年等价利率（equivalent annual interest rate）。

连续复利

复利频率趋于无穷大时所对应的利率被称为连续复利（continuous compounding）利率[⊖]，在连续复利情况下，我们将 A 数量资金投资 n 年，投资的终值为

$$Ae^{Rn} \tag{A-2}$$

这里的 e = 2.718 28，在大多数计算器中都有计算函数 e^x 的功能，所以计算式（A-2）不会产生任何问题。在表 A-1 的例子中，$A=100$，$n=1$，$R=0.1$，以连续复利计息，A 数量资金在投资一年后将增长到

$$100e^{0.1}=110.52(\text{美元})$$

这个精确到小数点后两位的数值与用每天复利所得的结果一样，在大多数实际情况下，我们认为连续复利与每天计算复利等价。对一笔资金以连续复利利率 R 滚动 n 年，其效果是相当于乘上 e^{Rn} 项。而对一笔在第 n 年的资金以连续复利利率 R 进行贴现，其效果是相当于乘上 e^{-Rn}。

假设 R_c 是某一连续复利利率，R_m 是与之等价的每年 m 次复利利率。由式（A-1）及式（A-2），我们得出

$$Ae^{R_cn}=A\left(1+\frac{R_m}{m}\right)^{mn}$$

及

$$e^{R_c}=\left(1+\frac{R_m}{m}\right)^{m}$$

这就是说

$$R_c=m\ln\left(1+\frac{R_m}{m}\right) \tag{A-3}$$

及

$$R_m=m(e^{R_c/m}-1) \tag{A-4}$$

这些公式可将每年 m 次复利的利率转换为连续复利利率，反之亦然。函数 ln 是大多数计算器设有的自然对数功能。此函数的定义是：如果 $y=\ln(x)$，则 $x=e^y$。

⊖ 在精算领域，连续复利利率也被称为利息力（force of interest）。

例 A-1

考虑一个年息为10%的利率，一年复利2次。将 $m=2$ 及 $R_m=0.1$ 代入式（A-3）可得出一个等价的连续复利利率

$$2\ln\left(1+\frac{0.1}{2}\right)=0.09758$$

即9.758%。

例 A-2

假如某债权人给出的每年连续复利利率为8%，而实际利息是每一季度支付一次。将 $m=4$ 及 $R_c=0.1$ 代入式（A-4），一年复利4次的年等价利率为

$$4(e^{0.08/4}-1)=0.0808$$

即8.08%，这意味着，对于1 000美元的贷款，借款人每季度必须支付20.20美元的利息。

APPENDIX B

附录B

零息利率、远期利率及零息收益率

n 年的零息利率是指在今天投入资金，连续保持 n 年后所对应回报的收益率，所有的利息及本金都在 n 年末支付给投资者，在 n 年期满之前，投资不支付任何利息回报。n 年期的零息利率有时也被称为 n 年期的即息利率（spot rate）、n 年期零息率（zero rate）或者 n 年期的零率（zero）。作为时间期限的函数，零息利率被称为零息曲线。假如一个 5 年期连续复利的零息利率为每年 5%，这意味着今天的 100 美元的投资在 5 年后会增长到

$$100 \times e^{0.05 \times 5} = 128.40$$

一个远期利率是由今天零息利率所导出的对应将来某时刻的利率。我们考虑由表 B-1 所示的零息利率，6 个月到一年之间的远期利率为 6.6%，这是因为将前 6 个月 5% 的利率与后 6 个月 6.6% 利率组合在一起会得出一年的平均利率为 5.8%。类似地，12 ~ 18 个月的远期利率为 7.6%，这一利率与今天到 12 个月 5.8% 利率组合在一起所产生的 18 个月平均利率为 6.4%。一般来讲，由区间 T_1 到 T_2 的远期利率 F 可表达为

$$F = \frac{R_2 T_2 - R_1 T_1}{T_2 - T_1} \tag{B-1}$$

式中，R_1 对应于期限为 T_1 的零息利率，而 R_2 对应于期限为 T_2 的零息利率。这一公式在连续复利情形下是个恒等式，而对应于其他计息频率只是近似式。采用表 B-1 的数据，应用公式可得出表 B-2，例如将 $T_1 = 1.5$，$T_2 = 2.0$，$R_1 = 0.064$ 及 $R_2 = 0.068$ 代入公式，我们得出 $F = 0.08$，这说明第18 ~24个月的远期利率为 8.0%。

表 B-1　某一零息利率结构

期限（年）	零息利率（连续复利）（%）
0.5	5.0
1.0	5.8
1.5	6.4
2.0	6.8

表 B-2　由表 B-1（零息利率）得出的远期利率（连续复利）

时间段（年）	远期利率（连续复利）（%）
0.5 ~ 1.0	6.6
1.0 ~ 1.5	7.6
1.5 ~ 2.0	8.0

认为将来的实际利率同远期利率会大大不同的投资人很容易在市场上找到某种交易来反映他们的信念。考虑一投资人可以由表 B-1所示的利率借出或借入资金，假定此投资人认为今后两年的利率没有变化。这个投资人可以借入6 个月期的资金（在6 个月、12 个月及 18 个月时再进行延展投资，以这种形式可将资金投资两年，6 个月的借款可以在 6 个月末、12 个月末和 18 个月末再延展），如果利率保持恒定，这种投资决策每年会盈利 1.8%，这是因为收入利率为 6.8%，而支出利率为 5%。这种形式的投资方式被称为对收益曲线的下注（yield curve play），投资人对将来利率进行投机，认为将来的利率会不同于由表 B-2 给出的远期利率。

奥兰治郡资金主管罗伯特·西特仑在 1992 年及 1993 年采用了以上的投资方式，并且在一段时间内，获得了成功。西特仑的盈利在奥兰治郡的预算中起了很大的作用，因此他也得以连任（在选举中有人指出这一投资方式风险太大，但没有人认真听取这一反对意见）。在 1994 年西特仑先生进一步扩大了收益曲线下注投资，他在投资中选用了大量反向浮息债券（inverse floaters），这一债券的券息为某一固定利率同某一浮动利率的差。他以借入短期资金的方式进一步加大了自己的投资力度，当短期利率恒定或下降时，他的投资依然表现不错。但在 1994 年，利率急剧上扬，在 1994 年 12 月奥兰治郡宣布其投资组合损失 15 亿美元，几天之后，奥兰治郡宣布寻求破产保护。

B.1　债券价格

大多数债券提供周期性的券息，债券发行人在债券满期时将债券的本金（有时也称为票面值或面值）偿还给投资人。债券的理论价格等于债券将来的现金流贴现后的总和，计算贴现最精确的办法是对于不同时期的现金流采用不同的零息贴现利率。假定一个两年期的债券的面值为 100 美元，每年券息利率为 6%，半年付息一次。为了计算第一个 3 美元券息的贴现值，我们采用对应于 6 个月的贴现率 5%；为了计算第二个 3 美元券息的贴现值，我们采用对应于一年的贴现率 5.8%；依此类推，债券的理论价格为

$$3e^{-0.05\times0.5}+3e^{-0.058\times1.0}+3e^{-0.064\times1.5}+103e^{-0.068\times2.0}=98.39(\text{美元})$$

即 98.39 美元。

B.2　债券收益率

一个债券收益率是使得债券贴现的现金流总和等于其市场价格的贴现率，假定一债券的理论价格为 98.39 美元，此价格也等于其市场价格（这里债券的市场价格与表 B-2 的数据完全一致）。如果 y 对应于连续复利的债券收益率，我们应有等式

$$3e^{-y\times0.5}+3e^{-y\times1.0}+3e^{-y\times1.5}+103e^{-y\times2.0}=98.39(\text{美元})$$

上式的解可以通过 Excel 的求解（solver）功能或其他方式得出，其解为 $y=6.76\%$。

B.3　国债收益率

国债收益率是对应于投资人投资国库券或国债时所得的收益率。国库券及国债是政府借入以自身货币为计量单位的资金而发行的金融产品，日本国债收益率是指日本政府借入日元资金的利率；美国国债收益率是指美国政府借入美元的利率，其他国家国债收益率也有类似含义。通常我们认为一个政府不会对其自身发行的以自身货币为计量的债务违约[1]。所以，国债收益率是无风

---

[1] 这是因为政府可以通过发行更多货币以应付债务。

险的，也就是说投资国债的投资人可以肯定利息和本金都可以被如数支付。

B.4 零息收益曲线的确定

一种计算表 B-2 显示的零息利率的方法是直接观测息票剥离产品所对应的利率，这些产品是由交易员在卖出与本金分离后的息票时而人为生成的无息证券。

另一种确定零息收益率的方法是从一般的国债及国库券价格入手来计算零息利率，最流行的方法就是所谓的息票剥离法，这种方法从短期产品入手，然后通过匹配价格的形成逐渐导出长期利率。假设表 B-2 已经确定的零息收益率，我们假设一个息率为 8% 的债券的价格为 102 美元，债券本金为 100 美元。我们将 2.5 年所对应的零息利率计为 R，应用表 B-2 的数据，我们可以给出此债券的正确价格，这一过程会涉及对以下方程求解

$$4e^{-0.05\times0.5}+4e^{-0.058\times1.0}+4e^{-0.064\times1.5}+4e^{-0.068\times2.0}+104e^{-R\times2.5}=102$$

上式的解 $R=7.05\%$。至此我们可以得出一个关于零息利率的表 B-3。介于息票剥离节点之间，收益率一般被假设为线性（在我们的例子中，2.25 年所对应的零息利率为 6.925%）。通常的习惯约定是将息票剥离第一节点之前的利率以及最后一个节点之后的利率设定为常数，我们在图 B-1 中画出这里讨论的利率曲线。

表 B-3 超出表 B-2 期限并由息票剥离方法计算出的 2.5 年时的利率

期限（年）	零息利率（连续复利）（%）
0.5	5.00
1.0	5.80
1.5	6.40
2.0	6.80
2.5	7.05

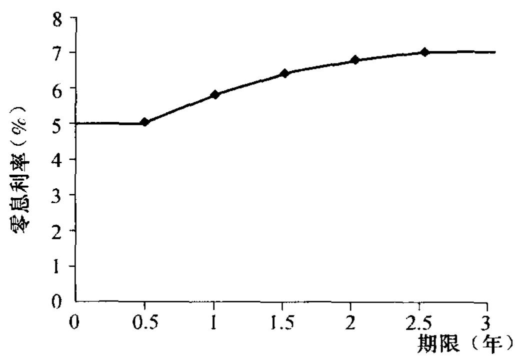


图 B-1 零息利率曲线

B.5 LIBOR 以及互换利率

对 LIBOR/互换利率曲线的确定方式与确定国债零息曲线的息票剥离法类似，首先利用 LIBOR 存款利率我们可以确定曲线上期限小于一年的利率，然后，有时我们可以利用欧洲美元期货来确定曲线上期限介于 2~3 年的利率，最后，我们可以利用互换利率来确定更长期限的利率。n 年的互换利率是保证 n 年债券价格等于面值的收益率。

APPENDIX

附录C

远期合约和期货合约的定价

一个不提供中间收入的资产的远期或期货价格为

$$S_0 e^{rT}$$

式中，S_0 为资产现在的现货价格，T 为期货或远期的到期期限，r 为对应于期限 T 的连续复利无风险利率，如果资产在期限 T 前提供收入，收入的贴现值为 I，以上表达式变为

$$(S_0 - I)e^{rT}$$

如果资产提供收入的收益率为 q，资产的远期或期货价格为

$$S_0 e^{(r-q)T}$$

外汇可以被看做是提供收入的投资资产，收入的收益率为外汇所对应的无风险利率。所以外汇远期和期货的价值为

$$S_0 e^{(r-r_f)T}$$

式中，r_f 为外国无风险利率（连续复利），S_0 为即期汇率。

如果一个远期合约的持有方以价格 K 买入资产，那么这一远期合约的价格为

$$(F - K)e^{-rT}$$

其中，F 为远期价格，如果持有方以价格 K 卖出资产，那么其价格就变为

$$(K - F)e^{-rT}$$

例 C-1

我们考虑一个 6 个月期的 S&P 500 远期合约，S&P 500 股指当前价格为 1 200，6 个月期无风险利率为每年 5%，S&P 500 在今后 6 个月的预期收益率为每年 2%（两个利率均为连续复利），期货合约的价格为 $1\ 200e^{(0.05-0.02)\times 0.5}$，即 1 218.14。

例 C-2

一个期限为9个月的黄金合约的远期价格为550美元，某家公司持有远期合约，可以在9个月以每司530美元的价格买入1 000盎司黄金，9个月期无风险利率为每年4%（连续复利），远期合约的价值为$1\ 000 \times (550-530)e^{-0.04\times 9/12}$，即19 409美元。

APPENDIX

附录D

互换合约定价

对于利率互换合约定价，我们可以假定在将来某时刻的利率等于今天观察到的远期利率。例如，考虑某利率互换合约，从现在到利率互换的到期日还有14个月，利率互换合约的本金为1亿美元。假定在合约中收入的固定利率为5%，付出的浮动利率为LIBOR，调换频率为每6个月一次。假定（a）4个月以前设定的6个月期LIBOR利率为4%；（b）在今后2个月开始的6个月远期利率为4.6%；（c）在将来8个月时的6个月远期利率为5.2%。所有利率的计算方式为每半年复利一次，假定远期利率在今后会实现，利率互换所对应的现金流在表D-1中有所展示（例如在8个月时收入的固定利率的现金流为0.5×0.05×100，即250万美元；付出的浮动利率现金流为0.05×0.046×100，即230万美元），利率互换的价值是表D-1中最后一列净现金流的贴现值[⊖]。

表D-1　在利率互换合约定价中假定远期利率在将来会实现（单位：100万美元）

时　间	固定利率的现金流	浮动利率的现金流	净现金流
2个月	2.5	−2.0	0.5
8个月	2.5	−2.3	0.2
14个月	2.5	−2.6	−0.1

另外一种计算方法（最终结果同以上计算结果相同）是假定1亿美元的本金最终会得以交换，这种假设对于最终的计算结果没有影响，但根据这种假设我们可将利率互换理解为固定利息债券与浮动利息债券的互换，固定利息债券的现金流可以用通常方式定价，对于浮动利息债券，通常采用的规则是债券在刚刚付出券息后，其市面价值与面值相等，在我们的例子中，在2个月刚刚付出券息后，这一价格等于1亿美元，券息（在4个月前已经决定）为200万美元的浮动利息债券在2个月刚刚付款期之前的价格为1.02亿美元，利率互换的价值等于固定利息债券的当前

⊖　这里的计算并不是十分准确，因为在计算中我们不考虑假期以及市场上采用的准确的计天方式。

价值减去在两个月时1.02亿美元的现金流的贴现值。

货币互换

在货币互换的定价中，假设当前的汇率等于今天的远期汇率。接下来考虑一个货币互换实例，这一货币互换是每年以4%的英镑利率与6%的美元利率进行交换，两种货币的面值分别为1 000万美元以及500万英镑，互换交易的期限为3年，互换交易的现金流在表D-2中第2列及第3列展示，远期汇率（我们假定）被展示在第4列，我们采用这些汇率将英镑转换为美元，最后一列展示了净现金流，互换交换的价值等于这些现金流的贴现值。

表D-2 在货币互换中假定远期汇率在将来会得以实现（单位：100万美元）

时间	美元现金流	英镑现金流	远期汇率	以美元计的英镑现金流的价值	以美元计的净现金流
1	-0.6	0.2	1.800 0	0.360	-0.240
2	-0.6	0.2	1.840 0	0.368	-0.232
3	-0.6	0.2	1.880 0	0.376	-0.224
4	-10.0	5.0	1.880 0	9.400	-0.600

另外一种方式（最终计算结果同以上计算出结果相同）是将互换交易作为英镑债券的长头寸与美元债券的短头寸进行交换，每一债券均在所对应的货币体系下进行定价，最后在计算中采用当前汇率将英镑债券的价格转换为美元价格。

APPENDIX

附录E

E 欧式期权定价

对于一个不提供中间收入资产的欧式看涨和欧式看跌期权 Black-Scholes-Merton 定价公式为

$$c = S_0N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2)$$

和

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

式中，$N(x)$为正态分布的累积分布函数；变量 c 及 p 分别代表欧式看涨和欧式看跌期权的价格；S_0 为在时间 0 的股票价格；K 为行使价格；r 为连续复利的无风险利率；σ 为股票波动率；T 为期权的到期期限。

当资产提供现金收入时，在期权期限内的现金收入的贴现值应该在 S_0 中扣除，当资产提供收入的收益率为 q 时，以上公式变为

$$c = S_0e^{-qT}N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2)$$

和

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0e^{-qT}N(-d_1)$$

其中

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - q + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - q - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

对于汇率期权，我们可以采用以上公式，其中 q 等于外汇的无风险利率。

表 E-1 给出了期权所对应的希腊值，$N'(x)$代表正态分布密度函数，其公式为

$$N'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-x^2/2}$$

以上的计算可以用 DerivaGem 软件实现，这一软件可在作者网页上下载，在计算中读者选择的期权类型应该是解析欧式期权（Analytic European），在赫尔（2009）中有关于期权定价更详细的描述[⊖]。

表 E-1　资产收益率为 q 的期权的希腊值

希腊值	看涨期权	看跌期权
Delta	$e^{-qT}N(d_1)$	$e^{-qT}[N(d_1)-1]$
Gamma	$\frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S_0\sigma\sqrt{T}}$	$\frac{N'(d_1)e^{-qT}}{S_0\sigma\sqrt{T}}$
Theta(每年)	$-S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}/(2\sqrt{T})+qS_0N(d_1)e^{-qT}$ $-rKe^{-rT}N(d_2)$	$-S_0N'(d_1)\sigma e^{-qT}/(2\sqrt{T})$ $-qS_0N(-d_1)e^{-qT}+rKe^{-rT}N(-d_2)$
Vega(每 1%)	$\frac{S_0\sqrt{T}N'(d_1)e^{-qT}}{100}$	$\frac{S_0\sqrt{T}N'(d_1)e^{-qT}}{100}$
Rho(每 1%)	$\frac{KTe^{-rT}N(d_2)}{100}$	$-\frac{KTe^{-rT}N(-d_2)}{100}$

例 E-1

我们考虑一个 6 个月期的股指欧式期权，股指的当前价格为 1 200，期权行使价格为 1 250，无风险利率为 5%。股指的股息率为 2%，波动率为 0.2，这时 $S_0=1\,200$，$K=1\,250$，$r=0.05$，$q=0.02$，$\sigma=0.2$，$T=0.5$，期权价格为 53.44，期权的 Delta 为 0.45，Gamma 为 0.002 3，Theta 为 −0.22，Vega 为 3.33，Rho 为 2.44，注意表 E-1 给出的 Theta 的时间单位为每年，我们这里计算出的 Theta 对应于日历天。

⊖ 见 J. C. Hull, *Options, Futures, and Other Derivatives*, 7th ed, Prentice Hall, 2009。

APPENDIX

附录F

F 美式期权定价

对美式期权进行定价，我们需要将期权的期限分成 n 等份，每一等份的长度为 Δt，假定资产在时间开始的价格为 S，在 Δt 后，S 上涨为 Su 的概率为 p，S 下降为 Sd 的概率为 $1-p$，对于不提供中间收入的资产，变量 u，d 及 p 分别为

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad d = \frac{1}{u}$$

$$p = \frac{a-d}{u-d}, \quad a = e^{r\Delta t}$$

图 F-1 显示了一个期限为 5 个月的美式看跌期权的定价二叉树，基础资产为某一无中间收入的股票，股票的当前价格为 50，期权的行使价格为 50，无风险利率为 10%，波动率为 40%，在二叉树中总共有 5 步，$\Delta t = 0.083\,33$，$u = 1.122\,4$，$d = 0.890\,9$，$a = 1.001$ 及 $p = 0.507\,3$，在图中每一个节点上部所对应的数值为股票价格；节点下部所对应的数值为期权价格。

在二叉树最底端的期权价格为期权内含价格（intrinsic value）。例如，在节点 G 上，期权价格为 $50 - 35.36 = 14.64$。在到期之前的每一个节点，我们假定期权持有人会将期权持有到下一个时间 Δt，并且会验证提早行使期权是否为最优。首先让我们考虑节点 E，如果期权会被持有到下一个时间段，如价格上涨（对应概率 p），期权价格为 0；如价格下跌（对应概率为 $1-p$），期权价格为 5.45，期权价格的期望为 $0.5073 \times 0 + 0.4927 \times 5.45$ 即 2.686，利用 10% 利率进行赔现，对应于节点 E 的期权期望值的贴现为 2.66，因此期权在 E 点不应该被行使，因为这样做所得的回报为 0。接下来考虑节点 A，假定期权仍然会持有到一个时间段，通过一个类似的计算我们可以得出期权在 A 点的价格为 9.90，如果期权在这一时刻得以行使，我们可得回报值为 $50 - 39.69 = 10.31$，这时期权在 A 节点应该被提前行使，因此期权在 A 节点的价格为 10.31。

从二叉树的最底端开始倒推归纳，在到达树 D 节点时，我们得出的期权价格为 4.49。当我们采用的二叉树步数增大时，期权价格的精度也增大，利用 30，50 及 100 步的二叉树，我们得出的期权价格分别为 4.263，4.272 及 4.278。

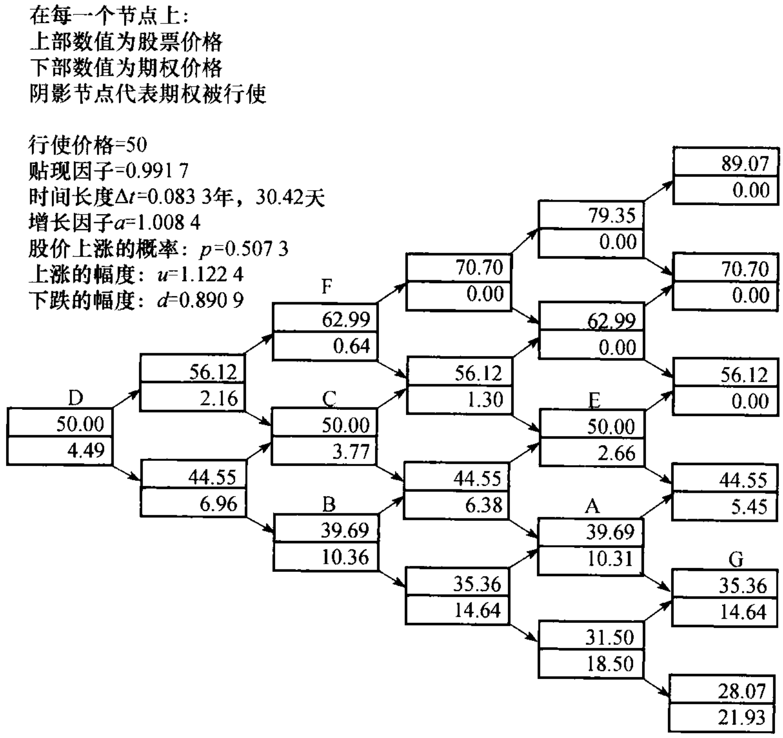


图 F-1 某美式看跌期权的定价二叉树

为了计算 Delta，我们考虑在 Δt 时记得的两个节点。在我们的例子中，从低位节点转移到高位节点时，期权价格变化由 6.96 变为 2.61，相应的股票价格由 44.55 变为 56.12，因此 Delta 的近似值为期权价格的变化除以股票价格的变化

$$\text{Delta} = \frac{2.16 - 6.96}{56.12 - 44.55} = -0.41$$

为了计算 Gamma，我们考虑在 $2\Delta t$ 时刻的三个节点，由树的上半部分两个节点（C 及 F）所计算的 Delta 为 -0.241，这一 Delta 所对应的股票价格近似为（62.99 + 50）/2 = 56.49；由树的下半部分两个节点（B 及 C）所计算出的 Delta 为 -0.639，这一 Delta 所对应的股票价格近似为（50 + 39.69）/2 = 44.84，因此 Gamma 的近似值为期权 Delta 的变化除以相应股票价格的变化

$$\text{Gamma} = \frac{-0.241 - (-0.639)}{56.49 - 44.84} = 0.034$$

由 D 及 C 节点我们可以估计出

$$\text{Theta} = \frac{3.77 - 4.49}{2 \times 0.08333}$$

即 -4.30（每年）。以上数量对得出每日历天所对应的 Theta 为 -0.0118。Vega 的估计可以通过加大波动率、重新构造新的二叉树，并计算新的期权价格来取得，Rho 的计算与 Vega 的计算类似。

如果基础资产的中间收入的收益率为 q，以上计算方式除了 $a = e^{(r-q)\Delta t}$（而不是 $e^{r\Delta t}$）以外，其他计算过程完全相同。以上我们描述的过程可利用软件 DerivaGem 来实现，在软件中选用的期权类型应该为二叉树美式期权（Binomial American），在赫尔（2009）有关于美式期权定价的更详细描述[⊖]。

⊖ 见 J. C. Hull, *Options, Futures, and Other Derivatives*, 6th edn, Prentice Hall, 2006。

APPENDIX

附录G

泰勒级数展开

考虑函数 $z=F(x)$，假定变量 x 有一个小的变化，即 Δx，变量 z 随之也会有一个小的变化，即 Δz，Δz 和 Δx 的一阶近似关系为

$$\Delta z = \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}x}\Delta x \tag{G-1}$$

当 $z=F(x)$ 为线性函数时，以上关系式为恒等式；在其他情形为近似式。另外一个更为准确的近似式为

$$\Delta z = \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}x}\Delta x + \frac{1}{2}\frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}^2 x}(\Delta x)^2 \tag{G-2}$$

当 $z=F(x)$ 为二次函数时，以上关系式为恒等式；在其他情况下为近似式。在近似式中加入更多的项，我们可以提高近似精度。泰勒展开的完整表达式为

$$\Delta z = \frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}x}\Delta x + \frac{1}{2!}\frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}x^2}(\Delta x)^2 + \frac{1}{3!}\frac{\mathrm{d}^3 z}{\mathrm{d}x^3}(\Delta x)^3 + \frac{1}{4!}\frac{\mathrm{d}^4 z}{\mathrm{d}x^4}(\Delta x)^4 + \cdots$$

例 G-1

考虑函数 $z=\sqrt{x}$，因此

$$\frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}x} = \frac{1}{2x^{1/2}}, \frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}x^2} = -\frac{1}{4x^{3/2}}, \frac{\mathrm{d}^3 z}{\mathrm{d}x^3} = \frac{3}{8x^{5/2}}$$

假定 $x=2$ 以及 $\Delta x=0.1$，因此 Δz $\sqrt{2.1}-\sqrt{2}=$ 0.034 924，当 $x=2$ 时

$$\frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}x} = 0.353\,55, \frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}x^2} = -0.088\,39, \frac{\mathrm{d}^3 z}{\mathrm{d}x^3} = 0.066\,29$$

式（G-1）给出 Δz 的一阶近似为

$$\Delta z = 0.353\,55 \times 0.1 = 0.035\,355$$

式（G-2）给出 $z=F(x)$ 的 2 阶近似为

$$\Delta z = 0.353\,55 \times 0.1 + \frac{1}{2} \times (-0.088\,39) \times 0.1^2 = 0.034\,913$$

3 阶近似为

$$\Delta z = 0.353\,55 \times 0.1 + \frac{1}{2} \times (-0.088\,39) \times 0.1^2 + \frac{1}{6} \times (0.066\,29) \times 0.1^3$$

我们可以演示泰勒级数很快会收敛到正确答案 0.034 924。

G.1 两个变量的情形

接下来我们考虑两个变量的函数 $z=F(x, y)$，假定变量 x 和 y 分别有小的变化 Δx 和 Δy，变量 z 随之也会有一个小的变化，即 Δz，这时一阶近似关系为

$$\Delta z=\frac{\partial z}{\partial x}\Delta x+\frac{\partial z}{\partial y}\Delta y \tag{G-3}$$

二阶近似关系式为

$$\Delta z=\frac{\partial z}{\partial x}\Delta x+\frac{\partial z}{\partial y}\Delta y+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}(\Delta x)^2+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}(\Delta y)^2+\frac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}\Delta x\Delta y \tag{G-4}$$

例 G-2

考虑函数 $z=\sqrt{xy}$，因此 $\frac{\partial z}{\partial x}=\frac{y^{1/2}}{2x^{1/2}},\frac{\partial z}{\partial y}=\frac{x^{1/2}}{2y^{1/2}},\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}=-\frac{y^{1/2}}{4x^{3/2}},\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}=\frac{x^{1/2}}{4y^{3/2}},\frac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}=-\frac{1}{4(xy)^{1/2}}$

假定 $x=2, y=1$；$\Delta x=0.1$，$\Delta y=0.1$，因此

$$\Delta z=\sqrt{2.1\times 1.1}-\sqrt{2\times 1}=0.105\,65$$

当 $x=2$ 和 $y=1$ 时

$$\frac{\partial z}{\partial x}=0.353\,55,\frac{\partial z}{\partial y}=0.707\,11$$

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}=-0.088\,39,\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}=-0.353\,55,\frac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}=0.176\,78$$

式（G-3）给出 Δz 的一阶近似为

$$\Delta z=0.353\,55\times 0.1+0.707\,11\times 0.1=0.106\,07$$

式（G-4）给出的 2 阶近似为

$$\Delta z=0.353\,55\times 0.1+0.707\,11\times 0.1+\frac{1}{2}\times(-0.088\,39)\times 0.1^2+\frac{1}{2}\times(-0.353\,55)\times 0.1^2+0.176\,78\times 0.1\times 0.1=0.105\,62$$

泰勒级数收敛到正确答案 0.105 65。

G.2 一般结果

对于一个 n 个变量 $x_1, x_2, \ldots, x_n$ 的函数，Δz 的泰勒展开式为

$$\Delta z=\sum_{m_1=0}^{\infty}\cdots\sum_{m_n=0}^{\infty}\frac{1}{m_1!\cdots m_n!}\frac{\partial^m z}{\partial x_1^{m_1}\cdots\partial x_n^{m_n}}\Delta x_1^{m_1}\cdots\Delta x_n^{m_n}$$

式中，$m=m_1+\cdots+m_n$ 以及对应于所有 m_i 为 0 的项的取值均为 0。

APPENDIX

附录H

H 特征向量和特征值

考虑一个 $n\times n$ 矩阵 $\boldsymbol{A}$，假定 $\vec{x}$ 为一个 $n\times 1$ 的向量，考虑方程

$$\boldsymbol{A}\vec{x} = \lambda\vec{x} \tag{H-1}$$

上式可以写为

$$(\boldsymbol{A} - \lambda\boldsymbol{I})\vec{x} = 0$$

式中，$\boldsymbol{I}$ 为 $n\times n$ 单位矩阵（在该 $n\times n$ 矩阵中，对角元素为 1，非对角元素均为 0）。显然 $\vec{x}=0$ 是式（H-1）的解，但在什么条件下，上式具有非零解呢？线性代数的一个定理保证，如果 $\boldsymbol{A}-\lambda\boldsymbol{I}$ 的行列式为零，那么式（H-1）有非零解。满足上式的 λ 就是满足令 $\boldsymbol{A}-\lambda\boldsymbol{I}$ 的行列式为零的一个 n 次多项式的解，一般来讲，这个 n 次多项式有 n 个解，这些解被称为是矩阵 $\boldsymbol{A}$ 的特征值，对应于某个特征值，满足式（H-1）的向量 $\vec{x}$ 为特征向量。一般来讲矩阵 $\boldsymbol{A}$ 有 n 个特征向量，即每一个特征值会对应一个特征向量。

作为一个简单例子，假定

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}$$

这时

$$\boldsymbol{A} - \lambda\boldsymbol{I} = \begin{bmatrix} 1-\lambda & -1 \\ 2 & 4-\lambda \end{bmatrix}$$

以上矩阵的行列式等于

$$(1-\lambda)(4-\lambda) - (-1)\times 2 = \lambda^2 - 5\lambda + 6$$

以上的解为 $\lambda=3$ 及 $\lambda=2$，这两个值即为矩阵的特征值。

为了确定对应于 $\lambda=3$ 的特征向量，我们对式（H-1）求解，即

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \vec{x} = 3\vec{x}$$

令

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

上式等价于

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = 3 \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

上式等价于

$$x_1 - x_2 = 3x_1$$

及

$$2x_1 + 4x_2 = 3x_2$$

以上两式均等价于

$$x_1 + 2x_2 = 0$$

上式说明满足 $x_1 = -2x_2$ 的任意的 x_1 和 x_2 均满足上式，一种预定是选取 x_1 和 x_2 保证向量 $\vec{x}$ 的长度为 1，这意味着 $x_1^2 + x_2^2 = 1$，这时满足 $\vec{x}$ 的长度为 1 的解为 $x_1 = \sqrt{0.2} = 0.447$ 及 $x_2 = -0.894$（另外一组解为 $x_1 = -0.447$ 及 $x_2 = 0.894$），向量

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} 0.447 \\ -0.894 \end{bmatrix}$$

就是对应于特征值 $\lambda = 3$ 的特征向量。

通过一个类似的计算得出，对应于 $\lambda = 2$，式（H-1）为 $x_1 + x_2 = 0$，满足上式，并且长度为 1 的向量为 $x_1 = \sqrt{0.5} = 0.707$ 及 $x_2 = -\sqrt{0.5} = -0.707$（另外一组解为 $x_1 = -\sqrt{0.5} = -0.707$ 及 $x_2 = \sqrt{0.5} = 0.707$），向量

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} 0.707 \\ -0.707 \end{bmatrix}$$

就是对应于特征值 $\lambda = 2$ 的特征向量。对于大型矩阵，我们必须采用数值分析方法来确定特征值和特征向量，一种数值方法是由 Press 等人提供[⊖]。

附录 I 和 J 是关于特征值和特征向量的应用。

⊖ 见 W. H. press. S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, *Numerical Recipes*, *The Art of Scientific Computing*, 3rd ed, Cambridge University Press, 2007.

APPENDIX

附录I

主成分分析法

主成分分析是理解 n 个相关变量的数据的一种方法，这一分析的目的是用一个小数量不相关的变量取代这里 n 个变量。在7.8节的例子中，总共有10个变量，这些变量是关于3个月、6个月、12个月、2年、3年、4年、5年、7年、10年及30年的利率变化。

分析的第一步是采集 n 个变量的数据，并计算每个变量的均值，并在数据中将均值剔除，这些处理过的数据的均值为零，我们将这些数据称为被调解数据（adjusted data）。

分析的第二步是由被调解数据来计算协方差矩阵。如13.3节所示，$n \times n$ 协方差矩阵的第 (i, j) 个元素为被调解数据中第 i 个变量与第 j 个变量的协方差，对角元（即 $i=j$）为方差。

接下来的一步是计算以上矩阵的特征值和特征向量（见附录H），特征向量的长度要等于1（如附录H所示，这意味着向量的元素的平方的和等于1），最高数量特征值所对应的特征向量为第一主元素，第二高数量特征值所对应的特征向量为第二主元素，等等。7.8节中的例子所对应的主元素在表7-7中有所展示。

第 i 个主元素占所有特征值的和的比率，即为第 i 个主元素解释整体方差的变化的百分比，7.8节的例子中的主元素占方差的百分比被列于表7-8中。

APPENDIX J

附录J

对信用转移矩阵的处理

假定一个 $N\times N$ 矩阵 A 为一年的信用转换矩阵，这一矩阵就如表 12-1 所示，对应于 m 年的信用转移矩阵为 $\boldsymbol{A}^m$，对于 $\boldsymbol{A}^m$ 的计算可以采用正常的矩阵乘法规则。

对应于一个短于一年期限，例如，6 个月的信用转移矩阵的计算就没有那么简单。我们首先要采用标准算法计算出矩阵的特征向量 $\boldsymbol{x}_1$，$\boldsymbol{x}_2$，…，$\boldsymbol{x}_n$ 及特征值 $\boldsymbol{\lambda}_1$，$\boldsymbol{\lambda}_2$，…，$\boldsymbol{\lambda}_n$，特征值及特征向量满足

$$\boldsymbol{A}\boldsymbol{x}_i = \boldsymbol{\lambda}_i\boldsymbol{x}_i$$

定义矩阵 $\boldsymbol{X}$，其中第 i 列为 x_i，$\boldsymbol{\Lambda}$ 为对角矩阵，第 i 个对角元为 λ_i，由一个标准矩阵代数结论，我们可以给出以下关系式

$$\boldsymbol{A} = X^{-1}\boldsymbol{\Lambda}X$$

由以上结果我们可以求出 A 的第 n 次根方

$$X^{-1}\boldsymbol{\Lambda}^*X$$

定义 $\boldsymbol{\Lambda}^*$ 为对角矩阵，第 i 个对角元为 $\lambda_i^{1/n}$，因此

$$(X\boldsymbol{\Lambda}^*X^{-1})^n = (X\boldsymbol{\Lambda}^*X^{-1})(X\boldsymbol{\Lambda}^*X^{-1})\cdots(X\boldsymbol{\Lambda}^*X^{-1}) = X(\boldsymbol{\Lambda}^*)^nX^{-1} = X\boldsymbol{\Lambda}X^{-1} = A$$

有些学者，例如 Jarrow，Lando 及 Turnbull[⊖]，对于以上计算喜欢采用生成矩阵（generator matrix）。生成矩阵 $\boldsymbol{\Gamma}$ 满足：对应某个较短时间段 Δt，转移矩阵为 $\boldsymbol{I}+\boldsymbol{\Gamma}\Delta t$，其中 $\boldsymbol{I}$ 为单位矩阵；对应于一个较长时间段 t，转移矩阵为

$$exp(t\boldsymbol{\Gamma}) = \sum_{k=0}^{\infty}\frac{(r\boldsymbol{\Gamma})^k}{k!}$$

⊖ 见 R. A. Jarrow, D. Lando, and S. M. Turnbull, "A Markov Model for the Term Structure of Credit Spreads," *Review of Financial Studies*, 10 (1997), 481-523。

练习题答案

第 1 章

1.1　回报的期望值为 12.5%，标准差为 17.07%。

1.2　由式（1-1）及式（1-2）得出，回报的期望值为 12.5%，标准差为

$$\sqrt{0.5^2 \times 0.1707^2 + 0.5^2 \times 0.1707^2 + 2 \times 0.15 \times 0.5^2 \times 0.1707} = 0.1294$$

即 12.94%

1.3

ω_1	ω_2	μ_P(%)	σ_P (ρ=0.3)(%)	σ_P(ρ=1)(%)	σ_P(ρ=−1)(%)
0.0	1.0	15	24.00	24.00	24.00
0.2	0.8	14	20.39	22.40	16.00
0.4	0.6	13	17.42	20.80	8.00
0.6	0.4	12	15.48	19.20	0.00
0.8	0.2	11	14.96	17.60	8.00
1.0	0.0	10	16.00	16.00	16.00

1.4　非系统风险可以被分散；系统风险不能被分散。系统风险对于股票投资人更重要，两类风险均可以导致企业的破产。

1.5　我们假定投资人将预期回报与风险进行替代，对于一个指定的预期回报，投资人想尽可能使回报的标准差达到极小，所有人对于特定投资所求得的回报的期望值，标准差及回报之间的相关系数的估计均等同，另外投资人均可以以无风险利率借入及借出资金，结果是投资者都想在图 1-4 所示的新有效边界（new efficient frontier）之上，他们选择同样的有风险投资与以无风险利率为利息的借入或借出资金的组合。

1.6　(a) 7.2%，(b) 9%，(c) 14.4%。

1.7　资本资金定价模型假定只有一个单一因子来决定回报，套利定价理论假定有多个因子。

1.8　在许多国家，企业债券利息可以减税，而股票票息不能减税，公司利用债券融资可以节省税务费用，但是随着债券发行量的增加，破产概率也有所增大。

1.9　风险分解是指将风险一一处理的过程，而风险聚集是指将风险进行汇总并进行处理的过程。采用风险分解方法，我们需要对每一个风险都有一个深入了解，而采用风险聚集方法，我们需要了解风险间的相关性。

1.10　当潜在损失很大时，我们不能将损失进行叠加并假定损失会被分散，我们有必要将损失单独进行处理，处理过程中我们可以利用保险合约以及内控等措施。

1.11　这对应于盈利小于资产的 −4% 的概率，盈利水平为 4.6/1.5 = 3.067 倍的标准差，银行股票为正的概率为 N（3.067），其中 N 为标准正态分布，其解为 99.89%。

1.12　银行有从存款者那里取得资金的特权，而零售及制造业公司不能做到这一点。

1.13　专业费用（每月为 1 000 万美元），销售量下跌（人们不愿意同正在重组的公司再打交道），重要高管的辞职（缺乏业务的连续性）。

1.14 Alpha 为 0 的对冲基金的回报为 $0.05+0.6\times(0.10-0.05)=0.08$，即 8%。因为 Alpha 等于 4%，对冲基金回报为 8% +4% =12%。

第 2 章

2.1 银行系统变得更加集中化，大银行占用巨大市场份额，银行数量由 14 483 家减至为7 450 家。

2.2 在 20 世纪初，许多州纷纷设定法律禁止银行开启多于 1 家以上的分行，1927 年的麦克法登法（McFadden Act）禁止银行在不同的州开设分行。

2.3 风险是当利率升高时，这时如果存款被延期，银行必须支付更高利率，而收入的贷款利率不变，这从而会造成银行利差收入的降低。

2.4 DLC 的损失超出了其股权资本金，公司可能会解体，次优先级债券的 500 万美元投资会有损失，存款人会拿回全部资金。

2.5 银行的净利息收入等于利息收入减去利息支出。

2.6 信用风险造成贷款损失，非利息收入包括交易的盈亏；市场风险影响非利息收入，如果资产和负债不匹配，市场风险也会影响净利息收入；操作风险主要会影响非利息费用。

2.7 私募是指向小数量的大型机构投资人卖出新发行的证券，公募是指向公众发行新发行的证券，在非包销交易中，投资银行向投资人出售证券，但对证券是否可以售出并不保证；在包销交易中，投资银行以某个价格从发行证券的公司买入证券，并随后在市场上以更高价格出售。

2.8 从高到低，竞价排序为 H，C，F，A，B，D，E，G，竞标人 H、C 及 F 的竞标数量均为140 000股，A 的竞标数量为20 000股，竞标的清盘价格是由 A 给出，即 100 美元，H、C 和 F 以这一价格买入 100% 的竞标数量的股票，A 以这一价格买入一半的竞标数量的股票。

2.9 荷兰式拍卖潜在地吸引大批竞标者，如果市场上所有感兴趣的人均参与竞标，买入资产价格应与刚刚 IPO 之后的市场价格非常接近，在通常 IPO 情况中，价格远远低于市场价格的情形也应该避免，另外，在荷兰式拍卖中，投资银行不能做到将业务仅仅限于其最好的当前和潜在客户。

2.10 毒丸计划可以给管理人提供谈判的工具，即使是当公司董事会有权推翻毒丸计划或使之失效时，这一点仍然正确。当管理人员与一个潜在的买入方产生对抗时，管理人员可以采用毒丸计划来争取时间以得到一个更好的卖出价格，或寻找其他买入人，但正是因为毒丸计划的存在，其他投资人会望而却步。

2.11 银行的经纪子公司可能会推荐银行的投行部试图卖出的证券，商业银行子公司可能将一些机密信息传给投资银行子公司，当一家银行与另外一家公司进行业务往来（或者想进行业务往来），银行可能会说服经纪子公司将进行业务往来的公司的股票评级为“买入”，商业银行子公司可能会说服自己的贷款客户来发行债券，而银行这么做的实际动机是因为对贷款客户的信用产生担心（银行可以通过自身的投行部来说服其客户发行债券）。以上的利益冲突是通过所谓的职能划分制度来处理的，职能划分制度可以防止银行不同部门之间的信息渗透。

2.12 应计利息会停止计量，税前收入会减少 1 000 万美元的 8%，即每年 800 000 美元。

2.13 贷款损失的拨备金反映了银行对将来贷款损失的预期估计，拨备金的数量被定期更新，当在某年拨备金数量增加了 X 数量，收入会减少 X 数量，当贷款损失被确认后，贷款损失要从贷款账户的余额中扣除。

2.14 在发行及销售模式中，银行首先发放贷款，然后将贷款打包出售给投资人，在 2007 年

7 月以前的 7 年间，以上经验模式在市场上盛行。在 2007 年 7 月，投资人对证券化产品失去了信心，银行不得不放弃这种经验模式（至少是暂时）。

第3章

3.1 定期寿险持续一定的期限（例如，5 年或 10 年），投保人支付保费，如果投保人在寿险期限内死亡，保险收益人所得赔偿等于保单的面值；终身寿险为投保人终生提供保险，投保人通常每年定期向保险公司支付保费（每年数量为恒定），在投保人死后，保险公司向受益人提供赔偿。在终身寿险中，有一定的投资成分，这是因为在保险初期，保费高于预期赔偿（在保险后期，保费低于预期赔偿），投资所得的税务可以被延迟到投保人的死亡时刻。

3.2 变额寿险是终身寿险的一种特殊形式，投保人可以阐明在保险最初的年份里的盈余保费（即保费超出保险精算费用）的投资方式，在投保人死亡时的赔偿有一个最低数量保证，但如果投资表现好，赔偿数量会远远高于最低数量。万能寿险也是终身寿险的一种形式，在这种保险中，投保人可以将保费减至不造成保险失效的某个最低水平。盈余保费被保险公司投资（一般是固定收益产品），保险公司将担保最低回报率，如果投资表现良好，在投保人死亡时投保受益人回报可能远远高于最低的回报率。

3.3 年金产品对于长寿风险由风险暴露；人寿保险对死亡风险有风险暴露。

3.4 由累计价值所产生的终身年金由以下利率的最大一个来计算：(a) 市场利率，(b) 实现预定的最低利率。

3.5 女性在第 1 年死亡概率为 0.003 198，在第 2 年的死亡概率为 0.003 431 × (1 − 0.003 198) = 0.003 420，假定持平保费为 X，我们有

$$1\,000\,000 \times (0.003\,198 + 0.034\,20) = X + (1 - 0.003\,198)X$$

由此得出 $X = 3\,314.31$，持平保费为 3 314.31 美元。

3.6 一个男性生存到 30 岁的概率为 0.971 46，一个男性生存到 90 岁的概率为 0.139 88。一个男性在生存到 30 岁的条件下，生存到 90 岁的概率为 0.139 88/0.971 46 = 0.143 99；一个女性在生存到 30 岁的条件下，生存到 90 岁的概率为 0.256 60/0.984 42 = 0.260 66。

3.7 最大的风险来源于类似于地震和飓风的灾难，以及一些责任义务（例如，美国关于石棉索赔），这是因为大数定理不再给保险公司提供任何帮助，这些事件要么不发生，因此也没有任何索赔，但事件一旦发生，索赔数量会巨大。

3.8 巨灾债券给承担灾难性风险（飓风及地震）的保险公司提供了一种再保险产品，通过这种产品，保险公司可将灾难性风险转嫁，巨灾债券是由保险公司发行，债券的券息比政府债券券息要高，但是当索赔额在一定范围时，巨灾债券持有人必须同意放弃将来券息以及本金。

3.9 巨灾债券没有太多的系统风险，自然灾害的发生与市场回报无关，巨灾债券的风险可以由资产组合的其他风险而分解，B 级债券具有系统风险，其系统风险不可以被分散，因此巨灾债券是资产组合的一个更好的附加投资。

3.10 在加拿大和英国，医疗服务是由政府来提供；在美国，公共医疗非常有限，大多数人需要从某种类型的私立保险公司买入医疗保险。在英国，私立医疗系统与公共医疗系统并存。

3.11 道德风险和逆向选择均会产生潜在问题，保险的存在会造成投保人不再努力去保护自己的工作，确实出现过一些投保人故意失去工作来获得保险赔偿的事件。还有，主动买入保险的投保人往往来自于那些有高风险会失去工作的群体。

3.12 对财产险的赔偿比对人寿保险赔偿的变动性更大，这是由于类似于地震和飓风的灾难，

以及一些责任义务（例如，美国关于石棉索赔）所触发赔偿的变动性而造成。

3.13 赔付率等于1年内赔偿数量与保金数量的比；费用比率等于1年内费用数量与保金数量的比。以上说法不正确，因为投资收入一般都很大，保费是在年初收入，赔偿是在年中的任意时刻，甚至是在年末。

3.14 在一个固定缴款计划中，雇员的缴款（及雇主为雇员）均以雇员的名义存入单独的账户并进行投资。当雇员退休时，缴款最后数量一般会转换为年金产品。在固定收益计划中，所有雇员的缴款被统一在一起来进行投资，雇员收到的养老金数量取决于雇员为公司服务的时间以及雇员的最终工资。在任意一个时刻，固定收益计划资金均可能处于资金不足或资金盈余状态。

3.15 雇员工资按实值计算为常数，假定工资为每年 X（X 的单位与我们的计算无关），养老金为 $0.75X$，实际回报为0，因为雇员工作年限为40年，雇员的供款的贴现值为 $40XR$，其中 R 为供款占工资的比率，雇员所得养老金福利的贴现值为 $20\times0.75X=15X$，比率 R 应保证养老金资金量充足，即

$$40XR = 15X$$

即 $R=0.375$。因此，雇员和雇主供款总和占工资的比率至少应为37.5%。

第4章

4.1 开放式基金总数量在有更多的投资人买入基金时会有所增长，而当有更多的投资人卖出基金时，会有所下降；封闭式基金类似于一家发行固定数量股票的公司。

4.2 共同基金的净资产价格是在每天下午4点定出，等于基金持有资产价值除以当前共同基金的数量。

4.3 投资人在2009年和2010年分别有300美元和100美元资本收益，在2011年，投资人有200美元的资本亏损。

4.4 指数基金的设计是为了跟踪特定的股票指数，例如S&P 500及FTSE 100。一种构造指数基金的做法是买入指数中的所有股票，有时还会采用关于指数的期货。

4.5 前端收费是投资人首次买入基金份额时支付的费用，这个费用是以投资数量的比例为计量；后端收费是投资人在买入基金份额时支付的费用，这个费用也是以投资数量的比例为计量。

4.6 跟踪S&P 500指数的交易所交易基金（ETF）的过程如下：机构投资人首先将一个用于跟踪S&P 500的股票交易组合存入基金，作为回报，该机构投资人收到ETF份额。与开放式基金相比，ETF优点在于投资人可以随时进行基金份额交易，也可以卖空基金，ETF基金管理人并不需要卖出基金资产来应对赎回的基金份额；与封闭式基金相比，ETF优点在于ETF份额价格与每个份额的净资产价格十分接近。

4.7 n 个数字的算术平均值等于这 n 个数字的和除以 n，几何平均值等于这 n 个数字的乘积再开 n 次方，算术平均值永远大于或等于几何平均值，将某项投资持有若干年，我们需要使用几何平均（而不是算术平均值）来计算年回报（过程为首先计算“1加上每年回报”的几何平均值，然后再减去1）。

4.8 迟后交易是一种违法交易行为，做法是在4点钟以后下单，并以4点钟的价格买入或卖出开发式基金份额；选时交易是指基金经理允许一些特殊的客户可以频繁地买入或卖出基金的份额来盈利，他们之所以可以这么做是因为在下午4点计算基金净资产价格时，有些股票价格没有被更新；抢先交易是某些人在大型金融机构进行可以影响市场变动的交易之前，抢先交易的行为；直接经纪涉及共同基金与经纪商之间的不当行为，其中经纪商向共同基金推荐客户，作为回报，

共同基金向经纪商发出买卖股票及债券的指令。

4.9 共同基金必须披露他们的交易策略；共同基金使用杠杆时，会有限制；共同基金不能卖空；他们也不能使用衍生产品。

4.10 如果一个对冲基金通过交易可转换证券来盈利，其利益所得一定是建立在其他交易对手损失的基础上。如果大多数交易员都是对冲基金的话，不可能所有的人都盈利。

4.11 障碍率是指只有在业绩超出这个最小回报率时，绩效费才适用；高潮位标记条款是指前期损失必须在全部补齐的情况下，绩效费才适用；弥补性收入条款指投资人有权收回以前发出的绩效费来弥补将来的损失。

4.12 如果回报为 X，投资人支付费用为 $0.03+0.3X$，因此

$$X-(0.03+0.3X)=0.2$$

$X=0.3286$，因此回报在达到32.86%以上时，才能满足条件。

4.13 如果对冲基金杠杆很高，短期的收益变得非常重要，短期损失会触发保证金催付，这可能会摧毁对冲基金。

4.14 机构经纪人对于对冲基金所能够持有的杠杆有决定权，这从而会影响对冲基金所能持有的风险数量。

第5章

5.1 当一个交易员进入远期合约的长头寸时，他同意在将来一定的时刻以某指定价格买入基础资产；当一个交易员进入远期合约的短头寸时，他同意在将来一定的时刻以某指定价格卖出基础资产。

5.2 某交易员对某资产有风险暴露，如果他采用衍生产品来减少自己的风险暴露，这时他的行为被称为对冲；在投机行为中，交易员没有最初需要减少的风险暴露，他是在对今后资产价格变化进行赌博；在套利行为中，交易员进行两个或更多的市场交易以锁定盈利。

5.3 在第一种情形，交易员有义务以50美元的价格买入资产（这时他没有其他选择），在第二种情况下，交易员有权利以50美元的价格买入资产（他可以选择不行使期权）。

5.4 你卖给某人看涨期权等于你给了期权持有者在将来以指定价格从你这里买入某种资产的权利，买入看跌期权给了你在将来以指定价卖给期权出售者某种资产的权力。

5.5 （a）投资人在每英镑价值为1.8900美元时，有义务以每英镑1.9000美元的价格卖出英镑，因此收益为（1.9000－1.8900）×100000＝1000（美元）。（b）投资人在每英镑价值为1.9200美元时，有义务以每英镑1.9000美元的价格卖出英镑，损失为（1.9200－1.9000）×100000＝2000（美元）。

5.6 （a）交易员卖出价格为每磅50美分，资产的实际价格每磅48.20美分，收益＝(0.5－0.482)×50000＝900（美元）。（b）交易员卖出价格为每磅50美分，资产的实际价格为每磅51.30美分，损失为（0.5130－0.5）×50000＝650（美元）。

5.7 你卖出了一个看跌期权。当期权持有者决定行使期权时，你必须以每股40美元的价格买入100股，期权持有人只有在股票价格低于40美元的时候才会行使期权，假如在期权到期时股票价格为30美元，你必须以40美元的价格买入实际价格只有30美元的股票，这时你每股损失10美元，整体损失为1000美元，如果价格为20美元时，期权得以行使，你每股损失20美元，整体损失为2000美元，损失的最坏情形为在3个月内股票价格几乎为0，这种不太可能会发生的事件会使你损失4000美元。为了对将来损失的补偿，你会从期权买入方收到期权的买入费。

5.8 场外交易是由电话及计算机将金融机构资金经理及企业资金管理人结合在一起的网络系统，在这种网络系统中，有需求的交易双方能够达成令双方均满意的协议，交易中心交易市场是由交易中心组织的市场，在交易市场中交易员或者可以见面或进行电话交流，市场交易的产品由交易中心定义。(a) 场外交易；(b) 交易中心交易；(c) 两者均可；(d) 场外交易；(e) 场外交易。

5.9 一种策略是买入200股股票，另外一种策略是买入2 000份期权，当股价上涨时，第二种策略会有更大的收益。例如，假如股票价格上涨为40美元，第二种策略的收益为2 000×(40－30)－5 800＝14 200（美元），而第一种收益仅为200×(40－29)＝2 200（美元），但是如果股票价格下跌，第二种策略所对应的损失更大，例如，如果股价跌为25美元，第一种策略的损失为200×(29－25)＝800（美元），第二种策略会失去所有的投资，即5 800美元。这一实例显示了期权的杠杆效应。

5.10 你可以买入5 000份看跌期权（或者50个合约），期权执行价格为25美元，到期期限为4个月，这种合约提供某种保险，如果在4个月时，股票价格低于25美元时，你可以行使期权，这时你以每股25美元的价格卖出股票，这种策略的代价是需要支付买入期权的费用。

5.11 股票期权并不能给股票发行公司带来任何资产，这种产品是交易员之间的交易，股票发行公司并不介入，与此相比，股票在最初发行时要卖给投资者，因此这时会给公司带来资金。

5.12 忽略货币的时间价值，如果在3月时股票价格大于52.50美元，期权持有人会盈利，因为这时的期权回报超过了买入期权所付出的费用，即2.5美元，在期权到期时如果股价大于50美元，期权持有者会行使期权，注意如果股票价格介于50美元与52.50美元之间，期权会被行使，但期权持有人仍会蒙受损失。

5.13 忽略货币的时间价值，如果在6月股票价格大于56美元，期权的卖出方会盈利，因为这时期权卖出者的费用小于卖出期权所带来的收入，在到期时如果股价小于60美元，期权会得以行使，注意当股票价格介于56～60美元之间时，期权的卖出方即使在期权行使时也会盈利。

5.14 一个4个月期限的看跌期权的长头寸给期权持有人提供了保险，这一保险保证外汇的卖出价格不低于执行价格。

5.15 这家公司可以进入在6个月时买入100万加元远期期货的长头寸，这样做可以锁定将来外汇利率，并使得其等于现在观察到的远期外汇利率，另一种做法是公司可以买入看涨期权，这一看涨期权给公司一个在6个月后以某指定汇率买入100万加元的权力，如果在6个月时加元强劲，这一权利给银行提供了保险，如果在6个月时加元疲软，公司仍然可以从中谋利。

5.16 ICON的回报是由（a）由一般债券、(b) 进入一看涨期权短头寸，期权面值为169 000日元，执行价格为1/169，以及（c）进入一看涨期权的长头寸，期权面值为169 000日元，执行价格为1/84.5的三种交易组合而成。下表说明了这一点。

	一般债券的终端值	期权的短头寸的终端值	期权的长头寸的终端值	整体收益的终端值
$S_T>169$	1 000	0	0	1 000
$84.5\leqslant S_T\leqslant 169$	1 000	$-169\,000\times(1/S_T-1/169)$	0	$2\,000-169\,000/S_T$
$S_T<84.5$	1 000	$-169\,000\times(1/S_T-1/169)$	$-169\,000\times(1/S_T-1/84.5)$	0

5.17 (a) 交易员买入180天期限的看涨期权，并且同时进入180天期限远期合约的短头寸。(b) 交易员买入90天期限的看跌期权，并且同时进入90天期限的远期合约的长头寸。

5.18 进入5年期互换合约，在合约中付出6.51%固定利率，并且收入利率为LIBOR，投资整体效应为LIBOR－1.51%。

5.19 进入5年期互换合约，在合约中收入6.47%固定利率，并且付出LIBOR利率，借入资金的净费用为LIBOR+0.53%。

5.20 进入3年期互换合约，在合约中收入LIBOR浮动利率，并且付出6.24%固定利率，三年借入资金费用为每年7.24%。

5.21 假定天气不好，农场主的收成比期望的要差，其他的农场主也会受到类似的天气影响，这时玉米产量整体来讲比较低，因此玉米价格会相对较高。同实际产量相比，农场主的对冲可能过了头，农场主的产量的头痛问题会因为在期货中的短头寸而加重。这一问题强调在进行对冲时，我们一定要有一个宏观的概念。农场主应该仔细斟酌，只考虑对冲价格的风险而同时忽略其他风险肯定不会是一个好主意。

5.22 公司蒙受损失或取得盈利的概率相等，这意味着用远期合约来进行投机就像赌硬币正反面一样。但是即使这样，航空公司利用远期合约来对风险进行对冲，而不对价格进行投机仍然是很有意义的事情，远期合约有减少风险的效果，在持有对冲合约的情况下，航空公司不会让股东承担将来油价所带来的风险。

5.23 微软公司选择交易组合的期权而不是期权的交易组合，交易组合期权一定会比期权的交易组合价格更加便宜，这是因为某种资产的价格的增长可能会被另外一种资产价格的下降而中和，现在让我们比较：(a) 一交易组合的期权，执行价格为20美元，交易组合有两种资产组成，每一资产的价格均为10美元；(b) 两个期权组成的交易组合，每一期权的执行价格均为10美元，如果两个资产的价格同时增长或同时下降。(a) 和 (b) 的回报相同，但是如果一个资产价格下降另一个资产价格上涨，(a) 的回报要比 (b) 低。亚式及篮筐的期权特性均可以帮助微软减小期权费用，这是因为盈利及亏损有相互抵消的可能。

5.24 我们需要进行两个计算来确认初始保证金，第1个为

$$500\times(3.5+0.2\times57-3)=5\,950$$

第2个为

$$500\times(3.5+0.1\times57)=4\,600$$

初始保证金为以上两个数量中最大的一个，即5 950美元，这一资金的一部分来自于卖出期权所得收费 $500\times3.5=1\,750$（美元）。

5.25 这意味着能源价格可升可降，但长期来讲，会趋向于长期平均水平，电力回归均值的速度最快，石油回归速度最慢。

5.26 当我们增大观察资产价格的频率时，观测价格达到障碍的几率会增大，敲出期权的价格会减小。

5.27 每一天的平均温度为华氏75°，每一天CDD为10，月累积CDD为 $10\times31=310$，看涨期权的回报为 $(310-250)\times5\,000=300\,000$（美元）。

5.28 一个对于2010年5月的5×8合约是为了保证在一周的5天内非高峰期（晚上11点至早上7点）提供电力，如果合约注明是天行使方式，期权的持有人可以在一周的每一个工作日以某协定价格买入电力，如果合约是月行使方式，期权持有人只有在月初一次机会来阐明自己是否在整个月会以某指定价格买入电力，日行使方式显然价格更高。

5.29 股票费用为 500×50，即25 000美元。当股票被卖空时，所得资金会成为保证金的一部分，对这一情形所需要的全部保证金为 $1.6\times25\,000$，即40 000美元，所需的额外保证金为15 000美元，该保证金可以由现金及其他可作为保证金的资产构成，当价格上升到 S 时，标的股票价格为 $500S$，当以下条件成立时，会出现保证金催付

$$40\,000<1.3\times500S$$

即 $S>61.54$ 时。

第6章

6.1 交易组合价值减少10 500美元。

6.2 交易组合价格增长400美元。

6.3 在两种情形的增长量均为 $0.5\times30\times2^2=60$ 美元。

6.4 Delta = 0.7 意味着在股票价格增加一个小的数量的同时，期权价格的增长大约是股价增长的70%，同时当股票价格减小一个小的数量的同时，期权价格的减少大约是股价减小量的70%，1 000份期权的短头寸的Delta等于-700，我们可以通过买入700份股票的形式使交易组合达到Delta中性。

6.5 一天的Theta等于-100意味着在股价及波动率均没有变化情况下，期权价格每天下降100美元，如果一个交易员感觉股价及隐含波动率都不会变化，他可以卖出期权，这时期权的Theta越高越好，相对来讲，一短期限的当值期权具有最高的Theta值。

6.6 期权的Gamma是期权的Delta同资产价格变化的比率，例如Gamma等于0.1意味着当资产价格增长一定数量时，Delta增长的数量是资产价格增长数量的10%，当一个期权承约人的Gamma绝对值较大，Gamma本身为负，并且Delta等于0，这时期权承约人会在市场变动较大（或者上涨或者下跌）的情况下有较大的损失。

6.7 为了对冲期权风险，我们有必要构造相反方向的合成期权交易。例如，为了对冲看跌期权长头寸，我们应该构造合成看跌期权的短头寸，构造人为期权交易的过程也就是对冲期权风险的反过程。

6.8 看涨及看跌期权的长头寸都具备正的Gamma，由图6-9我们可以得出，当Gamma为正时，对冲人在股票价格变化较大时会有收益，而在股票价格变化较小时会有损失，因此对冲人在（b）情形收益更好，当交易组合包含期权的短头寸时，对冲人在（a）情形收益会更好。

6.9 Delta的数值说明，当欧元汇率增长0.01时，银行交易价格会增长 $0.01\times30\,000=300$ 美元，Gamma的数值说明，当欧元价格增长0.01美元时，交易组合的Delta会下降 $0.01\times80\,000=800$ 美元，为了做到Delta中性，我们应卖出30 000欧元，当汇率增长到0.93时，我们期望交易组合的Delta下降为 $(0.93-0.90)\times80\,000=2\,400$，组合价值变为27 600，为了维持Delta中性，银行应该对2 400数量欧元短头寸进行平仓，这样可以保证欧元净短头寸为27 600。当一个交易组合的Delta为中性，同时Gamma为负，资产价格有一个较大变动时会引发损失。这时我们的结论是银行可能会蒙受损失。

6.10 采用书中所描述的方式时，我们需要假设波动率为常数，在理论上讲，我们可以实施一个静态期权复制机制，在这一机制下有3个变量：时间、股票价格以及波动率，我们要在这三个变量空间将价格进行匹配。

6.11 大约需要10个一般性的期权。对应于边界上任意一点我们都会有一个方程，总共有10个方程。

6.12 随着时间的推移，亚式期权的回报会越来越确定，因此在接近到期日时，我们需要对冲的不定性会越来越小。

6.13 考虑与某单一资产有关的期权组合，不用考虑交易组合的大小我们只需要进行一个交易就可以使得组合变得Delta中性。

6.14 期权的价格、Delta、Gamma、Vega、Theta及Rho分别是0.021 7，-0.396，5.415，

0.002 03，-0.000 062 5 及 -0.001 19。在汇率变化 0.001 时，Delta 预测价格下降的数量为 0.000 39，这正是我们求得的数值，当汇率增长到 0.751 时，期权价格下降 0.021 3。

第 7 章

7.1 大约有 50 亿期限超过一年的贷款是由期限小于一年的存款所支撑，换句话讲，大约有 50 亿期限小于一年期限的负债（存款）是用于支撑期限大于一年的资产（贷款）。当利率增长时，存款利息增加，但贷款利息却没有增加，净利息溢差收入受到压力。

7.2 S&Ls 的长期固定利息的房屋贷款是由短期存款支撑，因此在利率迅速增长时，S&Ls 会有所损失。

7.3 这时利率不匹配为 100 亿美元，在今后 3 年，银行的净利息收入会每年下降 1 亿美元。

7.4 如果长期利率仅仅反映了将来预期短期利率，我们会看到长期利率小于短期利率的情形与长期利率大于短期利率的情形一样频繁（这是基于投资人在一半情况下假定利率会上涨，而在另一半情况下假定利率会下跌的假设），流动性偏好理论认为长期利率高于将来预期短期利率，这意味着长期利率在多数时间会高于短期利率，当长期利率低于短期利率时，市场认为利率会下跌。

7.5 有三个原因：（1）金融机构为了满足各种不同监管要求，必须买入短期以及长期国债，这从而增大了市场对国债产品的需求量，国债价格因而会有所上涨，收益率有所下降；（2）银行为了对于自身所持的国债而设定的资本金要比其他类似的低风险投资产品所设定的资本金要低；（3）美国对于国债的税务处理要比其他固定收益产品要有利，这是因为持有国债产品无须缴纳州税。

7.6 久期信息描述了收益率曲线小的平行移动对于债券价格的影响，交易组合价格减小的百分比等于组合久期乘以小的平行移动的数量，其局限性是这一方法只适应于小的平行移动。

7.7 （a）债券价格为 86.80；（b）债券久期为 4.256 年；（c）久期公式估计当收益率减小 0.2%，债券价格增长 0.74；（d）债券价格对应 10.8% 收益率的价格为 87.54，这与（a）及（c）大体一致。

7.8 （a）债券价格为 88.91；（b）债券修正久期为 3.843 年（c）久期公式估计当收益率下降 0.2% 时，债券价格增长 0.68（d）债券价格对应 10.8% 收益率（以年复利）的价格为 89.60，这与（a）及（c）大体一致。

7.9 债券价格为 104.80，债券久期为 5.35，曲率为 30.60，收益率增长 1% 对于价格的影响可由方程（7-4）估算，其对应数值

$$104.80 \times (-0.01 \times 5.35 + 0.5 \times 30.60 \times 0.0001) = -5.44$$

变化后的债券价格为 99.36，这与我们的估算一致。

7.10 我们可以（a）扰动收益曲线上的每一点（见图 7-4），（b）扰动曲线上的一段（见图 7-6），（c）扰动构造收益曲线产品的报价。

7.11 Delta 分别为 10.7 及 -190.1。

7.12 对于组合的影响（占组合价值的比例）为

$$-(2.0 \times 0.001 + 1.6 \times 0.0008 + 0.6 \times 0.0007 + 0.2 \times 0.0006$$
$$-0.5 \times 0.0005 - 1.8 \times 0.0003 - 1.9 \times 0.0001) = -0.00284$$

7.13 绝对额久期等于组合的久期乘以其价格。绝对额凸性等于组合的凸性乘以其价格。

7.14 局部久期的和等于整体久期，DV01 等于整体久期乘以组合价值，再乘以 0.000 1。

第8章

8.1 VaR是指在一定的置信水平下损失不能超过的数量；预期亏损是在损失超过VaR的条件下损失的期望值，预期亏损永远满足次可加性（风险分散总会带来收益）条件。

8.2 光谱性风险度量在测定风险时对于损失分布的分位数设定一定的权重，满足次可加性条件的度量对于第 q 个分位数设定的权重一定是 q 的非递减函数。

8.3 有5%的机会你会在今后一个月损失6 000美元或更多。

8.4 在一个不好的月份你的预期亏损为6 000美元，不好的月份是指最坏的5%的月份。

8.5 （a）100万美元，（b）910万美元，（c）1 100万美元，（d）1 107万美元，（e）$1+1<11$，但是 $9.2+9.2>11.07$。

8.6 （a）392万美元，（b）877万美元，（c）1 040万美元。

8.7 （b）变为996万美元及，（c）变为1 182万美元。

8.8 边际VaR是VaR的增长随第 i 个资产增加的比率，增量VaR是指第 i 个资产对于VaR的影响（含有第 i 个资产VaR与不含有第 i 个资产VaR的差），成分VaR是指整体VaR对于第 i 个资产的分配（成分VaR的总和等于整体VaR）。

8.9 总数为17或更多例外发生所对应的概率为

$$1-\text{BINOMDIST}(16,\ 1000,\ 0.01,\ \text{TRUE})$$

即2.64%。在5%置信水平下我们应该拒绝这一模型。

8.10 聚束效应是指例外情形会以聚束的形式发生，而不是随机地分布在整体时间区间内。

8.11 我们希望计算 $\Delta P_1+\Delta P_2+\cdots+\Delta P_n$ 的标准差，其中 P_i 为第 i 天的回报，其数量为

$$\sum_{i=1}^{n}\sigma_i^2+2\sum_{i>j}\rho_{ij}\sigma_i\sigma_j$$

式中，σ_i 为 P_i 的标准差，ρ_{ij} 为 P_i 与 P_j 的相关系数。这时对于所有的 i，$\sigma_i=\sigma$，当 $i>j$ 时 $\rho_{ij}=\rho^{i-j}$，进一步运算，我们可以得出式（8-3）。

第9章

9.1 $30/\sqrt{52}$，即4.16%。

9.2 每天百分比变化的标准差为 $25\%/\sqrt{252}=1.57\%$，在95%的置信度下所对应的置信区间为 $-3.09\%\sim3.09\%$。

9.3 开市时的波动率比闭市时要大，交易员在计算波动率时往往采用交易天数而不是日历天数。

9.4 隐含波动率是使得由Black-Scholes所计算出的期权价格等于市价时所对应的波动率，隐含波动率的求解方法通常是采用试错法（trial and error），因为不同期权对应于不同的隐含波动率，所以交易员利用Black-Scholes公式时实际上采用了不同假设（见第20章）。

9.5 由9.3节所给出的方法得出的计算结果为每天0.547%，由式（9-4）的简单方法得出的结果为每天0.530%。

9.6 由幂律得出 $0.01=K\times500^{-2}$，因此 $K=2\,500$，（a）0.25%，（b）0.062 5%。

9.7 在第 n 天所估计的方差等于 λ 乘以在 $n-1$ 天所估计的方差加上 $1-\lambda$ 乘以第 n 天的回报的平方。

9.8 GARCH（1，1）对于长期平均方差设定了一定权重，这与 EWMA 的假设一致，GARCH（1，1）具有波动率回归均值的特性。

9.9 在这种情形 $\sigma_{n-1}=0.015$，$\mu_n=0.5/30=0.01667$，由式（9-8）我们可得出

$$\sigma_n^2 = 0.94\times0.015^2+0.06\times0.01667^2 = 0.0002281$$

因此在第 n 天波动率的估计值为 $\sqrt{0.0002281}=0.015103$，即 1.5103%。

9.10 将 λ 由 0.95 减至 0.85 意味着对于近期的观察值 u_i^2 设定更大的权重，并且对于更老的数据设定较小的权重。采用 $\lambda=0.85$ 所计算出的波动率对最新信息的反映较快，与采用 $\lambda=0.95$ 所计算的波动率变动会较大。

9.11 采用通常的符号，$u_{n-1}=20/1024=0.01923$，因此

$$\sigma_n^2 = 0.000002+0.06\times0.01923^2+0.92\times0.01^2 = 0.0001162$$

$\sigma_n=0.01078$，对于最新波动率的估计为每天 1.078%。

9.12 价格变化的比率为 $-0.005/1.5000=-0.003333$，当前每天的方差估计为 $0.006^2=0.000036$，对于每天的方差的新估计为

$$0.9\times0.000036+0.1\times0.003333^2 = 0.000033511$$

波动率的新估计值为以上数值的平方根，即 0.579%。

9.13 长期平均方差所对应的权重为 $1-\alpha-\beta$，长期平均方差为 $\omega/(1-\alpha-\beta)$，增大 ω 会促使长期平均方差的增长，增大 α 会增大对于近期数据所设定的权重，同时减小对于长期平均方差所设定的权重，以及增大长期平均方差；增大 β 仍会增大对于前一个方差所设定的权重，减小对于长期平均方差所设定的权重，并且增大长期平均方差的水平。

9.14 长期平均方差为 $\omega/(1-\alpha-\beta)$，即 $0.000004/0.03=0.0001333$，长期平均波动率为 $\sqrt{0.0001333}=1.155\%$，描述方差回归长期平均的方程式为

$$E[\sigma_{n+k}^2] = V_L+(\alpha+\beta)^k(\sigma_n^2-V_L)$$

这时

$$E[\sigma_{n+k}^2] = 0.0001330+0.97^k(\sigma_n^2-0.0001330)$$

如果当前波动率为每年 20%，$\sigma_n=0.2/\sqrt{252}=0.0126$，在 20 天后预期方差为

$$0.0001330+0.97^{20}(0.0126^2-0.0001330) = 0.0001471$$

因此 20 天后预期波动率为 $\sqrt{0.0001471}=0.0121$，即每天 1.21%。

9.15 FTSE 用美元表达为 XY，X 为其用英镑表达的价值，Y 为汇率（1 英镑所对应的美元的数量），定义 x_i 为 X 在第 i 天的价格百分比变化，y_i 为 Y 在第 i 天的百分比变化，XY 的比例变化大约为 x_i+y_i，x_i 的标准差为 0.018，y_i 的标准差为 0.009，X 及 Y 变化的相关系数为 0.4，因此，x_i+y_i 的方差为

$$0.018^2+0.009^2+2\times0.018\times0.009\times0.4 = 0.0005346$$

因此 x_i+y_i 的波动率为 0.0231，即 2.31%，这对应于以美元为计量的 FTSE 的波动率。注意，这一波动率比英镑为计量的 FTSE 的波动率要更大，这一增长是由于正相关性的影响，当 FTSE 增长时，英镑与美元汇率往往也会增长，以美元计的 FTSE 会进一步增加，类似我们也可以讨论 FTSE 下降的情形。

9.16 这时 $V_L=0.0000003/0.02=0.00015$，式（9-14）给出了在 30 天后方差期望值为 $0.00015+0.98^{30}(0.01^2-0.00015)=0.000123$，波动率为 $\sqrt{0.000123}=0.0111$，即每天 1.11%。

9.17 在式（9-15）中，$V_L=0.0001$，$a=0.0202$，$T=20$ 及 $V(0)=0.000169$，因此波动率为

19.88%。

第10章

10.1 需要两个变量的标准差。

10.2 不严格地讲，相关系数是用于检验两个变量的线性关联性，这一度量并不能检验其他关联性，当 $y=x^2$ 时，x 及 y 有一个完美的关联性，但是 $E(xy)=E(x^3)$，对于类似正态分布等对称分布，以上的期望值为0。

10.3 在因子模型中，两个变量的相关性完全取决于某单一或更多的系统变量，这里的系统变量被称为因子，因子模型减少了关于变量相关系数的计算量。

10.4 一个半正定矩阵对于所指的向量 $\boldsymbol{w}$ 均满足式（10-4），如果一个相关矩阵不是半正定，那么矩阵中的内部元素一定不一致。

10.5 （a）由波动率及相关性所计算出的协方差为 $0.25\times0.016\times0.025=0.0001$；（b）假如在交易结束时，资产收盘价为20.5美元及40.5美元，资产价格百分比变化分别为 $0.5/20=0.025$ 及 $0.5/40=0.0125$，新的协方差估计为

$$0.95\times0.0001+0.05\times0.025\times0.0125=0.0001106$$

资产A新的方差估计为

$$0.95\times0.016^2+0.05\times0.025^2=0.00027445$$

因此新的波动率为0.0166，资产B新的方差估计为

$$0.95\times0.025^2+0.05\times0.0125^2=0.000601562$$

因此新的波动率为0.0245，新的相关性估计为

$$\frac{0.0001106}{0.0166\times0.0245}=0.272$$

10.6 采用符号，$\sigma_{u,n-1}=0.01$ 及 $\sigma_{v,n-1}=0.012$，对于资产回报的最新协方差估计为

$$\text{cov}_{n-1}=0.01\times0.012\times0.50=0.00006$$

变量 $u_{n-1}=1/30=0.03333$，变量 $v_{n-1}=1/50=0.02$，对于最新协方差cov_n 的估计为

$$0.000001+0.04\times0.03333\times0.02+0.94\times0.00006=0.0000841$$

对于第一个资产的方差 $\sigma_{u,n}^2$的估计为

$$0.000003+0.04\times0.03333^2+0.94\times0.01^2=0.0001414$$

因此 $\sigma_{u,n}=\sqrt{0.0001414}=0.01189$，即1.189%；对于第二个资产的方差 $\sigma_{v,n}^2$的估计为

$$0.000003+0.04\times0.02^2+0.94\times0.012^2=0.0001544$$

因此 $\sigma_{u,n}=\sqrt{0.0001544}=0.01242$，即1.242%，对于两个资产的相关性的最新估计为

$$0.0000841/(0.01189\times0.01242)=0.569$$

10.7 沿用练习题9.15中的符号，定义 z_i 为S&P500在第 i 天的百分比变化，x_i 及 z_i 的协方差为 $0.7\times0.018\times0.016=0.0002016$，$y_i$ 及 z_i 的协方差为 $0.3\times0.009\times0.016=0.0000432$，$x_i+y_i$与 z_i 之间的协方差等于 x_i 及 z_i 之间的协方差加上 y_i 及 z_i 之间的协方差，即

$$0.0002016+0.0000432=0.0002448$$

x_i+y_i 与 z_i 之间的相关系数为

$$\frac{0.0002448}{0.016\times0.0231}=0.662$$

注意，S&P 500的波动率在计算中没有出现。

10.8

V_1	V_2		
	0.25	0.5	0.75
0.25	0.095	0.163	0.216
0.5	0.163	0.298	0.413
0.75	0.216	0.413	0.595

10.9 假定 x_1，x_2 及 x_3 是 3 个独立正态分布中的随机抽样，具备一定相关结构的 3 个随机抽样为 ε_1，ε_2 及 ε_3，这里

$$\varepsilon_1 = z_1, \quad \varepsilon_2 = \rho_{12}z_1 + z_2\sqrt{1-\rho_{12}^2}, \quad \varepsilon_3 = \alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3$$

其中

$$\alpha_1 = \rho_{13}, \quad \alpha_1\rho_{12} + \alpha_2\sqrt{1-\rho_{12}^2} = \rho_{23}, \quad \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 = 1$$

这意味着

$$\alpha_1 = \rho_{13}, \quad \alpha_2 = \frac{\rho_{23} - \rho_{13}\rho_{12}}{\sqrt{1-\rho_{12}^2}}, \quad \alpha_3 = \sqrt{1-\alpha_1^2-\alpha_2^2}$$

10.10 尾部相关性是描述两个或更多变量同时产生极值的趋势，Copula 的不同选择会影响尾部相关性，例如学生 t - Copula 函数给出的尾部相关性比高斯 Copula 函数要大。

10.11 由二元学生 t - 分布得出的抽样被显示在图 10-5 中，将抽样以分位数对分位数的形式映射到正态分布。

10.12 $V_1 < 0.1$ 的概率为 0.05，在 $V_1 < 0.1$ 条件下，$V_2 < 0.1$ 的条件概率为 0.006/0.05 = 0.12；在 $V_1 < 0.1$ 条件下，$V_2 < 0.2$ 的条件概率为 0.017/0.05 = 0.34，等等。

10.13 当 $V_1 = 0.2$ 时，有 $U_1 = -0.84$，由二元正态分布的性质得出 U_2 的中值为 $-0.5 \times 0.84 = -0.42$，对应的 V_2 的中值为 0.458。

10.14 这时

$$V(T,X) = N\left(\frac{N^{-1}(0.015) + \sqrt{0.2}N^{-1}(0.995)}{\sqrt{1-0.2}}\right) = 0.127$$

“99.5% 的最坏情形”的损失量（以百万计）为 500 × 0.7 × 0.127 = 44.62，即 4 462 万美元。

第 11 章

11.1 竞争者的出局可能会对公司（非银行）有一定好处，但是银行之间有许多交易，当一家银行破产时，其他银行因与这家破产银行的合约而蒙受损失，另外银行破产会使公众对银行系统失去信心，这也给银行系统带来不利影响。

11.2 存款保险会使存款人的利益得到保护，这种保护同金融机构所承担的风险无关，这也会触发金融机构承担更大的风险，因为这时他们并不会为失去存款而担心可能造成更多的银行破产，而使得存款保险系统的索赔量加大，监管部门要求银行必须持有与自己风险相匹配的资本金以避免破产的发生。

11.3 互换中的信用风险是指互换价格对银行为正价值时，对手违约的风险。

11.4 货币互换价值偏离零的趋势要大于利率互换价值偏离零的趋势，这一现象是由于货币互换中最终本金的交换，因此货币互换中因对手违约所造成的潜在损失会更高。

11.5 尽管存在某种风险暴露，不过如果对手现在违约，不会触发任何损失。但是利率可能

会有所变化，因此在将来某时刻，这一互换对于金融机构具有正的价值，那时如果交易对手违约会触发金融机构的损失。

11.6 三个交易的风险加权资产分别为（a）187.5 万美元，（b）200 万美元，（c）300 万美元，整体为 687.5 万美元，资本金为 $0.08\times6.875=55$ 万美元。

11.7 NRR 为 $2.5/4.5=0.556$，等价信用量为 $2.5+(0.4+0.6\times0.556)\times9.25=928$ 万美元，风险加权资产为 464 万美元，资本金需求为 37.1 万美元。

11.8 这时净额结算不会提供任何价值。

11.9 这可将估算的资本金转换为风险加权资产，资本金需求量为风险加权资产的 8%。

11.10 交易账户中的资产主要包括市场上交易活跃的，并且每天按市场价格定价的产品；银行账户上的产品主要包括贷款，这些产品并不是每天都要按市场价格定价，在变化以前银行以 1988 年《巴塞尔协议》或《新巴塞尔协议》来定出信用风险资本金，变化的结果是将贷款由银行账户转为交易账户，这时银行要计算特定资本金以反映产品中的信用风险，同时也需要计算反映市场风险的资本金，在这之前的信用风险资本金不再需要。

11.11 在 1988 年《巴塞尔协议》中，对于企业贷款的资本金要求与企业的信用评级无关，这造成了银行给高信用客户贷款业务的本金回报相对较低；在《新巴塞尔协议》中，资本金的要求与借贷人的信用有密切关系，因此给高信用客户贷款又成为一个吸引人的业务。

11.12 监管资本金套利会涉及一些完全是以减少监管资本金为目的的交易。

11.13 EAD 为违约时风险暴露的估计；LGD 为违约损失率的估计；LGD 为违约损失与整体风险暴露的比率；WCDR 为每千年出现一次糟糕年度时的违约概率；PD 为一般年度的违约概率；MA 为期限调节量，MA 的设定是为了考虑产品期限长于一年时，产品在一年内可能会触发损失的违约或降级的可能。

11.14 在简单方法中，保证金覆盖的风险暴露部分的交易对手的权重会被抵押金的权重所替代；在综合法中，暴露程度会得以调整，调整幅度考虑了暴露程度增大的可能，另外抵押金也会被调整，调整幅度考虑了抵押金价值减小的可能性，交易对手的风险权重被应用于调整风险暴露与调整抵押金的差。

11.15 标准方法采用外部信用评级来确定资本金的数量（这比 1988 年《巴塞尔协议》更为复杂），在 IRB 方法中，我们需要采用《新巴塞尔协议》相关性模型来计算资本金，PD 参数由银行提供，在高级 IRB 方法中，我们采用《新巴塞尔协议》相关性模型来计算资本金，其中 PD，LGD，EAD 及 MA 均由银行自身提供。

11.16 在基本指数方法中，整体资本金为一年毛收入平均的 15%，在标准方法中，对于不同的业务类别要分别计算毛收入，不同业务类别采用不同的比例来从毛收入数量中计算相应的资本金，在高级测量法中，银行采用内部模型来计算 1 年展望期 99.9% VaR。

11.17 $\rho=0.1216$，WCDR $=0.0914$，资本金量（以 100 万计）为 $200\times0.7\times0.0814$，即 1 139 万美元，这其中至少有一半必须是 1 类资本。

11.18 总数为 5 或更多例外发生的概率为

$$1-\text{BINOMDIST}(4,250,0.01,\text{TRUE})$$

即 10.8%。我们可以认为监管当局是利用 10% 置信水平（而不是通常的 5%）来选择拒绝模型。

第 12 章

12.1 这里的假设为：决定明天市场变化的统计过程与决定过去 500 天市场变化的统计过程等同。

12.2

$$\frac{\lambda^{i-1}(1-\lambda)}{(1-\lambda^{n})}=\frac{\lambda^{i-1}}{1+\lambda+\lambda^{2}+\cdots+\lambda^{n-1}}$$

因此当 λ 趋近于 1 时，权重趋向于 $1/n$。

12.3 VaR 的标准差为

$$\frac{1}{0.01}\sqrt{\frac{0.05\times0.95}{1\,000}}=0.69$$

即 69 万美元。

12.4 1 天 99% VaR 对应于损失中第 25 个最糟糕情景，即 168 612 美元；1 天 97% VaR 对应于损失中第 15 个最糟糕情景，即 188 758 美元。

12.5 在名为“Scenarios”表中，交易组合头寸改变是将 L2：O2 中的数据改为 2 500，将损失由小到大排序，1 天 99% VaR 对应于第 5 个最糟糕损失，即 258 355 美元。

12.6 将“Scenarios with Weights”一页中计算元 F2 中变量 λ 由 0.995 变为 0.99，将损失由小到大进行排序，最大损失（情景 494）所对应的累计权重为 0.009 48，第 2 大损失（情景 339）所对应的累计权重为 0.011 47，1 天 99% VaR 对应于第 2 大损失，即 359 440 美元。

12.7 将名为“Data with Vol Ests”一页中计算元 A2 中变量 λ 由 0.995 变为 0.99，将损失由小到大进行排序，第 5 大损失为 552 715 美元，该量即为 1 天 99% VaR。

12.8 即为

$$\frac{13}{500}\left(1+0.371\,\frac{400-200}{43.526}\right)^{-1/0.371}$$

即 0.001 779。

12.9 VaR（以千计）等于

$$200+\frac{43.526}{0.371}\left[\left(\frac{500}{13}(1-0.97)\right)^{-0.371}-1\right]=193.9$$

即 193 900 美元。

12.10 由极大似然估计得出的 ξ 及 β 分别为 0.302 及 44.22，1 天 99% VaR 为 251 112 美元，1 天 99.9% VaR 为 474 512 美元。

12.11 从波动率更新过程所得出的损失必须传到“Extreme Val Theory”页面，当 $u=400$ 时，$n_u=20$，由极大似然估计得出的 ξ 及 β 分别为 0.470 及 78.293，1 天 99% VaR 为 560 405 美元，1 天 99.9% VaR 为 1 198 223 美元，损失大于 600 000 美元的概率为

$$\frac{20}{500}\left(1+0.470\,\frac{600-200}{78.293}\right)^{-1/470}=0.007\,84$$

第 13 章

13.1 每一项资产投资的标准差为 1 000 美元，交易组合每天价格变化的方差为

$$1\,000^2+1\,000^2+2\times0.3\times1\,000\times1\,000=2\,600\,000$$

交易组合的标准差为以上数量的平方根，即 1 612.45 美元，因此 5 天展望期的 99% VaR 等于

$$2.33\times\sqrt{5}\times1\,612.45=8\,401\text{ 美元}$$

13.2 在本章，以模型构建法计算 VaR 对于利率产品的三种不同处理方法为：（a）久期模型；（b）现金流影射；（c）主成分分析。

13.3 假定最终包括本金互换，浮动利率一方的现金流与到期日为下一个付款日的零息债券

等价，固定利率一方等价于带息债券，其等价于某种零息债券的交易组合，因此互换组合可以被分解为零息债券组合，零息债券的期限分别对应于互换合约中的付款日期，每一个零息债券可以被映射于期限相邻的两个标准期限的零息债券。

13.4 $\Delta P=56\times 1.5\Delta x$，$\Delta P$ 的标准差为 $56\times 1.5\times 0.007=0.588$，因此交易组合 10 天展望期的 99% VaR 等于 $0.588\times 2.33\times\sqrt{10}=4.33$。

13.5 关系式为 $\Delta P=56\times 1.5\Delta x+0.5\times 1.5^2\times 16.2\times\Delta x^2$，即 $\Delta P=84\times\Delta x+18.225\times\Delta x^2$。

13.6 6.5 年期的现金流与一个价值为 48.56 美元的 5 年期零息债券及价值为 605.49 美元的 7 年期零息债券交易组合等价，5 年期及 7 年期等价现金流分别为 $48.56\times 1.06^5=64.98$ 及 $605.49\times 1.07^7=972.28$。

13.7 与本书展示的计算类似，0.3 年的现金流被映射为价值 37 397 美元的 3 个月期债券以及价值为 11 793 美元的 6 个月期债券。

13.8 交易组合每天的方差为

$$6^2\times 20^2+4^2\times 8^2=15\,424$$

每天的标准差为 $\sqrt{15\,424}=124.19$ 美元，因为 $N(-1.282)=0.9$，5 天展望期的 90% VaR 为

$$124.19\times\sqrt{5}\times 1.282=356.01(\text{美元})$$

13.9 (a) 3.26，(b) 63.87

13.10 期权 Delta 为期权价值变化同基础资产的变化比率，当基础资产上涨一个数量时，期权价值下降基础资产变化的 30 倍，期权的 Gamma 为期权 Delta 变化同基础资产价格变化的比率，当资产价格增长一定数量时，期权的 Delta 下降基础资产价格下降数量的 5 倍。

这时 $E(\Delta P)=-0.10, E(\Delta P)^2=36.3, E(\Delta P^3)=-32.415$。这意味着交易组合在一天内的变化为 -0.1，标准差在一天内的变化为 $\sqrt{36.03-0.1^2}=6.002$，偏态为

$$\frac{-32.415-3\times 36.03\times(-0.1)+2\times(-0.1)^3}{6.002^3}=-\frac{21.608}{216.180}=-0.10$$

采用前两阶矩，我们得出一天展望期的 99% VaR 为 14.08 美元，当采用 3 阶矩并利用 Cornish-Fisher 展开时，我们求得的 VaR 为 14.53 美元。

13.11 定义 σ 为年波动率，$\Delta\sigma$ 代表 σ 一天的变化量，Δw 为 σ 在一天的比率变化，我们将 σ 计为 1% 的倍数，因此当前 σ 的价值为 $1\sqrt{252}=15.87$。Delta、Gamma 及 Vega 的关系式为

$$\Delta P=-30\times\Delta S-0.5\times 5\times(\Delta S)^2-2\Delta\sigma$$

或

$$\Delta P=-30\times 20\times\Delta x-0.5\times 5\times 20^2\times(\Delta x)^2-2\times 15.87\times\Delta w$$

其中 $\Delta x=\Delta S/S$。以上公式可简化为

$$\Delta P=-600\Delta x-1000\times(\Delta x)^2-31.74\times\Delta w$$

交易组合的变化与两个市场变量有关，在取得关于波动率 σ 的每天变化及 σ 与 S 的相关性的估计以后，我们可以估测 ΔP 的距，并采用 Cornish-fisher 展开。

13.12 期权的变化与期权中内含的变量之间的关系并不是线性，当内含变量为正态分布时，期权价格分布并不是正态，线性模型假定期权价格服从正态分布，因此这一模型仅仅是一种近似模型。

13.13 这一合约是由一个英镑债券的长头寸与一个美元债券的短头寸结合而成。英镑债券的价格为 $1.53e^{-0.05\times 0.5}$，即 1.492(百万美元)，美元债券价格为 $1.5e^{-0.05\times 0.5}$，即 1.463(百万美元)，合约价值每天变化的方差为

$$1.492^2\times 0.0006^2+1.463^2\times 0.0005^2-2\times 0.8\times 1.492\times 0.0006\times 1.463\times 0.0005$$

$$= 0.000\,000\,288$$

相应的标准差为0.000 537(100 万美元)，10 天展望期的99% VaR 等于0.000 537 × $\sqrt{10}$ ×2.33 = 0.003 96(百万美元)，即3 960 美元。

13.14 Alpha 应变为2 500，采用等权重，1 天99% VaR 为238 022 美元；采用 $\lambda = 0.94$ 的EWMA 模型，1 天99% VaR 为519 932 美元。

13.15 1 天99% VaR 由496 610 美元变为406 753 美元。

第14章

14.1 穆迪的投资级为：Aaa，Aa1，Aa2，Aa3，A1，A2，A3，Baa1，Baa2，Baa3。

14.2 标准普尔的投资级为：AAA，AA +，AA，AA -，A +，A，A -，BBB +，BBB，BBB -。

14.3 由式（14 - 2）得出，平均密度 $\bar{\lambda}$ 满足 $1 - e^{-\bar{\lambda}\times 1} = 0.046\,60$，这一方程的解为 $\bar{\lambda} = -\ln(0.95340) = 0.0477$，平均违约密度为每年4.77%。

14.4 在前2 年没有违约情况下，公司在第3 年违约的概率为

$$(0.052\,98 - 0.030\,19)/(1 - 0.030\,19) = 0.023\,5$$

将第3 年平均违约密度记为 $\bar{\lambda}$，我们有关系式 $1 - e^{-\bar{\lambda}\times 1} = 0.0235$，因此 $\bar{\lambda}$ 等于每年2.38%。

14.5 信用卖出方在0.5 年、1.0 年、1.5 年、2.0 年、2.5 年、3.0 年、3.5 年、及4.0 年收入300 000 000 ×0.006 0 ×0.5 =900 000 美元，卖出方在违约发生时（4 年2 个月）会收到最终应计付款300 000 美元（300 000 000 ×0.060 ×2/12)，信用卖出方在违约发生时的支付数量为30 000 000 ×0.6 = 180 000 000（美元)。

14.6 有时交易双方会达成实物交割协定，也有时交易双方会达成现金交割协定。如果在违约时为实物交割，信用保护的买入方会以债券面值的价格将违约债券卖给信用保护的卖出方，可卖出债券的总面值等于信用互换的面值。如果在违约时为现金交割，这时会有一个第三者来计算在违约后一定天数之后最便宜可交割债券的价格，信用互换的现金回报等于面值减去估算出的违约债券价格。

14.7 风险中性违约概率是由信用互换及债券价格中计算得出，真实世界违约概率是由历史数据中计算得出，风险中性违约概率应该应用于产品定价，真实世界违约概率应该应用于情景分析及信用 VaR 的计算。

14.8 将 CDS 赔偿支付为 $L(1-R)$，L 为 CDS 面值，R 为回收率。

14.9 由方程（14-3)，我们得出今后3 年的平均违约密度为0.005 0/(1 - 0.3) =0.007 1，即每年0.71%。

14.10 由方程（14-3）我们得出今后5 年的平均违约密度为0.008 0/(1 - 0.4)，即每年1.333%。类似，今后3 年的平均违约密度为每年1.166 7%，这意味着4 年到5 年的平均密度为

$$\frac{1}{2}(5 \times 1.333 - 3 \times 1.1667) = 1.58\%$$

14.11 真实世界违约概率应该用于计算信用风险 VaR，风险中性违约概率应该用于信用衍生产品定价。

14.12 债券的回收率等于在债券发行人刚刚违约时的价格与面值的比率。

14.13 表14-4 中第2 列的第一个数字是由表14-1 中第7 年的一列得出，计算方法为

$$-\frac{1}{7}\ln(1 - 0.002\,52) = 0.000\,4$$

即每年0.04%。表14-4的第2列由表14-1的第7年的数据得出。$-\frac{1}{7}\ln(1-0.00344)=0.0005$。通过类似的方法也可以计算这一列的其他数字，表14-5中的第4列等于表14-4中第2列乘以1减去回收率，这时回收率为0.4。

14.14 每100美元面值的资产互换的贴现值为

$$0.9e^{-0.03\times0.5}+0.9e^{-0.03\times1.0}+\cdots\cdots+0.9e^{-0.03\times4.0}=6.73$$

这也等于违约费用的贴现值，一个类似于表14-3的分析说明，如果Q为每年违约概率，违约损失为272.69Q，隐含违约概率满足6.73=272.69Q，因此隐含违约率为每年2.47%。

14.15 如果Q_1为在时间0.5，1.5及2.5的违约概率密度，类似于表14-3的分析显示第一个债券违约损失的贴现值为178.31Q_1，其中面值为100美元，对于这一债券，资产互换溢差的贴现值为

$$1\times e^{-0.035\times1}+1\times e^{-0.035\times2}+1\times e^{-0.035\times3}=2.789$$

因此178.31Q_1=2.789，从而Q_1=0.0157。令Q_2为时间3.5及4.5违约的密度，类似于表14-3的分析显示第2个债券违约损失的贴现值为180.56Q_1+108.53Q_2，对于这一债券，资产互换溢差的贴现值为

$$1.25\times e^{-0.035\times1}+1.25\times e^{-0.035\times2}+\cdots+1.25\times e^{-0.035\times5}=5.634$$

因此180.56Q_1+108.53Q_2=5.634，代入Q_1求得Q_2=0.0258，即2.58%。

14.16 我们假定在互换到期时有本金交换，这种假设并不会影响互换的价格，如果利差为0，浮动利率方对应于1美元本金现金流的贴现值为1美元，以LIBOR为基点的付息加上利差的贴现价值为$1+V$，B^*为对应于一元单位面值的无风险债券的价格，在一元单位面值假设下，债券现金流付出方的最初付出费用为$1-B$（如果这一数值为负，那么浮动资产流的付出方必须首先付费$B-1$），因为资产互换的最初价格为0，我们得出

$$1+V=B^*+(1-B)$$

因而

$$V=B^*-B$$

14.17 由默顿模型得出债券价格为V_0-E_0，即

$$V_0-V_0N(d_1)+De^{-rT}N(d_2)=De^{-rT}N(d_2)+V_0N(-d_1)$$

令s为信用风险溢值，以上数量等于$De^{-(r+s)T}$，因此

$$De^{-(r+s)T}N(d_2)=De^{-rT}N(d_2)+V_0N(-d_1)$$

代入$De^{-rT}=LV_0$，我们得出

$$Le^{-sT}=LN(d_2)+N(d_1)$$

因此

$$s=-\ln[N(d_2)+N(d_1)/L]/T$$

14.18 这时，$E_0=2$，$\sigma_E=0.50$，$D=5$，$r=0.04$，$T=1$。对两个方程求解得出$V_0=6.80$及$\sigma_V=14.82$。违约概率为$N(-d_2)$，即1.15%。

14.19 信用互换提供了当参考实体违约时一种信用保护。CDS的效果是将企业债券转化为无风险债券，CDS信用保护的买入方通过这样的方法将企业债券换为无风险债券，这意味着CDS买入方进入了持有一个无风险债券的长头寸及一个类似的企业债券的短头寸。

14.20 CDS的回报取决于某公司是否违约，有人认为有些市场参与者对于公司的信用状态有更多信息（见业界事例14-2）。

14.21 假定面值为100美元，无风险债券的价格为

$$2.5e^{-0.06\times0.5}+2.5e^{-0.06\times1}+\cdots+2.5e^{-0.06\times5}+100e^{-0.06\times5}=95.3579$$

违约预期亏损的贴现值为95.357 9 - 90 = 5.357 9。资产互换保证最初有10美元的支付，之后，每6个月付款量为2.5美元，作为回报，浮动息收入方收入LIBOR加一个利差，面值为100美元，固定息支出的贴现值为

$$10+2.5e^{-0.06\times0.5}+2.5e^{-0.06\times1}+\cdots+2.5e^{-0.06\times5}+100e^{-0.06\times5}=105.3579$$

因此，LIBOR上的溢差的贴现值等于5.357 9，每6个月收入1美元，连续收入5年的贴现值为8.510 5，每6个月收入利差利息为5.357 9/8.510 5 = 0.629 6（美元），资产互换的利差等于2 × 0.629 6 = 1.259 2%，这一问题为练习题14.16的结果提供了一个说明。

第15章

15.1 一个新交易在以下两种情形会增大银行对于交易对手的风险暴露：第一种情形为现存交易对于银行来讲为正，新交易价值也为正；第二种情形为现存交易价值为负，新交易价值也为负。但是如果新交易价格同现在交易价值有抵消作用时，新交易付加效应是减小信用风险。

15.2 如将某种资产作为抵押品，在计算抵押品价值时，要对资产的市场价格打一定的折扣。一个公司本身的股票不可作为与这家公司交易的抵押品，当公司对交易违约时，公司股票也不会太值钱。

15.3 在Vasicek模型及Credit Risk Plus模型中，违约会触发信用损失，在CreditMetrics模型中，信用的降级及违约都会触发损失。Vasicek模型采用了违约时间的高斯Copula模型；Credit Risk Plus模型对每年的违约概率采用了某种假设；CreditMetrics模型采用了高斯Copula模型来定义信用风险的变化。

15.4 （a）及（b）均正确，（c）不正确。假定v_X及v_Y分别是对应于X及Y的风险暴露，v_X+v_Y的期望值等于v_X的期望值加上v_Y期望值，但对应于95%置信区间的上限以上结论并不正确。

15.5 违约费用为uv，其中u为在合约期限中由于违约所造成损失的比率，v为回报等于$\max(150S_T-100, 0)$的期权的价格，其中S_T为AUD/USD汇率（每1澳元所对应的美元数量）在1年时的价格。u由以上公式给出

$$u=1-e^{-(0.06-0.05)\times1}=0.009950$$

变量v等于150乘以某看涨期权价格，看涨期权行使价格为0.666 7，v = 4.545，因此违约费用等于4.545 × 0.009 950 = 0.045 22。

15.6 此时违约费用为$u_1v_1+u_2v_2$，其中

$$u_1=1-e^{-(0.055-0.05)\times0.5}=0.002497$$

$$u_2=e^{-(0.055-0.05)\times0.5}-e^{-(0.06-0.05)\times1}=0.007453$$

v_1为一个6个月期限的看涨期权价格，即以150澳元购买100美元的权利，v_2是一个类似的一年期期权的价格，v_1 = 3.30，v_2 = 4.545，违约费用为0.042 11。

15.7 假设违约只发生在远期合约的到期日，在无违约风险的世界，远期合约是一个欧式看涨期权的长头寸与一个欧式看跌期权的短头寸的组合，这里两个期权的执行价格均等于远期合约交割价格（delivery price），期权的到期日等于远期合约的到期日，如果无违约远期合约在到期时价格为正，看涨期权价格为正，看跌期权价值为0，违约对于远期合约的影响与对于看涨期权的影响相同；如果无违约远期合约在到期时价值为负，看涨期权价值为0，看跌期权价值也为正，这时违约不会有任何影响，在这种情况下违约对于远期合约的影响也与远期合约对于看涨期权的

影响等同。综上所述，我们得出远期合约的价值等价于一个与违约有关的看涨期权的长头寸以及与违约无关的看跌期权的短头寸。

15.8 假设远期合约的回报发生在时间 T，远期合约长头寸的价值为 $S_T - Ke^{-rT}$（见附录C），因此远期合约长头寸的信用风险暴露为 $\max(S_T - Ke^{-rT}, 0)$；这与行使价格为 Ke^{-rT} 的看涨期权回报等价；类似地，远期合约短头寸的信用风险暴露为 $\max(Ke^{-rT} - S_T, 0)$，这与行使价格为 Ke^{-rT} 的看跌期权回报等价，因此整体信用暴露为跨式期权，行使价格为 Ke^{-rT}。

15.9 随着时间的推移，原本处于低利率的货币往往有变强的可能，这意味着在货币互换中如果我们收入这种货币时，货币互换的价格对我们来讲变得更加值钱（也就是对我们来讲具有正价值），那么我们在收入低利率货币的货币互换中的预期风险暴露要远大于收入高利率货币的货币互换中的预期风险。在收入低利率货币时要寻求具有较好信用等级的交易对手，这样在互换中，我们不用太担心交易对手的信用状态。

15.10 Black-Scholes-Merton 价格必须乘以 $e^{-0.01\times3}=0.97$，Black-Scholes-Merton 高估价格大约为3%。

15.11 当公司X与许多公司签有降级触发协议时，降级触发可能会增加风险，如果公司被降级，降级触发协议被激活，与X签署并且对于X而言价值为负的合约的一些公司会试图对合约平仓，公司X会面临流动性困难，这甚至会造成公司X破产（见业界事例15-2）。

第16章

16.1 按揭常常被证券化，在证券化过程中，唯一保存的信息是按揭申请人的FICO分数及按揭的贷款与价值比率。

16.2 因为许多人被说服接受了他们并不能够承担的按揭，供需关系出现了一个短期的失调。

16.3 当按揭损失率为5%时，ABS的中间份额没有损失，因此ABS CDO的任何份额都没有损失；当按揭损失率为12%时，ABS的中间份额损失为7/20，即35%，因此ABS CDO的股权份额和中间份额的损失为100%，ABS CDO的高级份额的损失为10/75，即13.333%。

16.4 （a）$96\% \times 93\% + 3\% \times 76\% + 3\% \times 14\% \times 87\% = 91.9\%$。（b）这时，结果为 $91.9\% \times (100/110) = 83.6\%$。

16.5 ABS是由贷款、债券、信用卡应收款项所构成资产组合所生成的份额债券；CDO是由债券等固定收益资产所生成的一种ABS；ABS CDO是由ABS的不同份额资产所生成的ABS（例如，由BBB级份额）。

16.6 当标的组合的损失超出25%时，AAA级份额会产生损失；当用于生成ABS CDO的ABS份额损失超出25%时，AAA级的ABS CDO会出现损失，这对应于标的组合的平均损失超出 $5\% + 0.25 \times 20\%$，即10%时，因此AAA级ABS CDO风险更高。

16.7 “代理费用”是指两边利益不完全一致的情形。

16.8 如果用于证券化的按揭是从发行按揭中随机抽选而来，这两种做法没有区别。但是，证券化的发行方会将风险更大的按揭进行证券化，另外，当证券化的发行方持有所有份额的一部分，并且也是按揭的管理人时，证券化的发行方对按揭的管理会以投资人的利益出发。

16.9 一般ABS CDO是由BBB级的ABS份额来生成的，这是因为在市场上很难找到愿意对ABS的BBB份额进行投资的投资人。

16.10 Mian和Sufi说明在美国1996年按揭申请遭到拒绝比率最高地区也是在2000～2007年间，按揭增长速度尤其快的地区。

16.11 一个现金 CDO 是由债券组合（或其他固定收益产品）派生出来，合成 CDO 是由 CDS 来生成的。

16.12 当违约相关性增大时，CDO 的高级份额风险增大，这是因为高级份额出现损失的机会增大；当违约相关性增大时，股权份额风险变小。为了理解这一点，注意在极限情形，即相关性为完美时（即全相关）（同时假定回收率为 0），所有的按揭具有相同的损失，因为所有的公司要么（a）同时违约，要么（b）没有任何一家违约。

16.13 年终奖一般仅仅反映一年的表现，交易员和银行其他雇员会常常关心自身的年终奖，因此他们的决策往往是基于短期。

第 17 章

17.1 我们可以由以下做法来产生情形：（a）对类似利率、股票价格等关键变量进行扰动。（b）对所有市场变量的扰动等价于历史上某一天市场变量的剧烈变化。（c）建立一个委员会来产生情形。

17.2 反向压力测试是指利用算法来寻求巨大损失的情形，通过这一做法，我们可以确定实施压力测试的情形。

17.3 金融机构可能会认为监管当局会对触发巨额损失的情形设定保证金。

17.4 交通灯期权的回报仅仅对应于保险监管公司所考虑的情形，买入这一产品的危险是，当金融机构买入这种产品，他们所得到的保护范围很窄，对某些与保险监管公司所考虑的情形相似，但并不等同的情形，金融机构并没有得到保护。

17.5 高管是处在最佳位置来产生压力测试的情形，使得高管介入压力测试的产生过程，会使得高管更认真地对待压力测试结果，并将这些结果实施于决策过程。

17.6 优点是不同银行实施的等同情形可以被统一检测，系统风险可以被评估。这些情形可能比银行考虑的情形更加糟糕（见练习题 17.3），缺点是在这种做法下，银行可能不再积极地开发自身的压力情形。

17.7 客观概率是由数据来产生，主观概率具有一定的主观判断，它反映了一定的个人观念。

17.8 压力情形的整体概率为 1.55%，历史情形所对应的概率为 98.45%，每个历史情形所对应的概率为 0.001 969，将这些情形所对应的结果和历史情形所对应的结果进行排序，在 99% 的置信度下的 VaR 值为 340 000 美元（对于 341 366 美元损失量，累计概率为 0.009 41；对于 340 000 美元损失量，累计概率为 0.011 41）。

17.9 这时，头寸价值分别为 −941.34，−164.39，−1346.94 及 −78.36，最糟糕的情形是资产价格为 60，波动率为 30% 的情形，损失量为 341.39 美元。

第 18 章

18.1 这一定义包括所有的内部风险及外部风险，但不包括名誉风险及战略决策风险。

18.2 根据 18.4 节所报告的结果，损失量为 $100 \times 3^{0.23} = 128.7$ 万（美元）。

18.3 $\text{Prob}(v > x) = Kx^{-0.8}$，当 $x = 20$ 时，概率为 0.1，这意味着 $K = 1.098\,6$。对于选定损失被超出的概率为（a）5.74%，（b）3.30% 及（c）1.58%。

18.4 对于道德风险的处理方式包括赔偿金回扣或者将保险费大小与过去索赔挂钩，对于反向选择的处理是首先在卖出保险时尽可能取得关于司机的信息，然后在取得更多信息后适当对保

险费进行调整。

18.5 公司的首席执行官一定要签署公司的金融报告来保证金融报告的准确性，如果金融报告出现重大问题并需要改写，首席执行官必须归还自己的奖金。

18.6 如果交易员在遵守自己额度的条件下蒙受了交易损失，这种风险属于市场风险；如果交易员超出额度交易并触发损失，这种风险属于操作风险。

18.7 （a）即使存在人寿保险，一个人并不太可能会不关心自己的健康，以前曾发生过保险受益人犯谋杀罪并获取保险金额的事件。（b）寿命比较短的人往往会比寿命长的人更容易买人寿保险。

18.8 外部数据是与其他银行损失有关的数据，其取得方式是与其他银行达成协议来共享数据，或者银行可以从数据销售商处获取数据，外部数据是用来决定损失的程度，这些数据可以用来计算 A 业务点的损失平均值同 B 业务点损失平均值的比率，或者计算 A 业务点的损失标准差与 B 业务点的损失标准差的比率。

18.9 泊松分布常常被用来描述损失频率，对数正态分布常常被用来描述损失程度。

18.10 两个关键的风险指标是雇员的离职率以及不成功交易的数量。

18.11 当损失频率等于 3 时，整体损失的平均值为 3.3，标准差为 2.0，当损失频率增长到 4 时，整体损失的平均值大约为 4.4，标准差为 2.4。

第 19 章

19.1 投资人对产生份额的基础按揭资产不太了解，瀑布现金流非常复杂。

19.2 提供报价的公司及个人准备以 50 元买入资产，并以 55 元卖出资产，市场中间价为 52.5 元，比例买入卖出溢差为 5/52.5，即 0.095 2。

19.3 卖空公司 A 的股票的买入卖出差价为 $0.01\times5\,000=50$（美元），买入公司 B 的股票的买入卖出差价为 $0.02\times3\,000=60$（美元），对组合进行平仓的费用为 $(50+60)/2$，即 55 美元。

19.4 对于第一个公司，在 95% 的置信区间下，买入卖出差价不会被超出的数量为 $5\,000\times(0.01+1.645\times0.01)=132.24$ 美元，对于第二个公司，在 95% 的置信区间下，买入卖出差价不会被超出的数量为 $3\,000\times(0.02+1.645\times0.03)=208.04$ 美元，在 95% 的置信区间下，平仓费用不会被超出的数量为

$$\frac{1}{2}(132.24+208.04)=170.14$$

19.5 在连续几天的交易数量分别为 15.9，12.9，10.0，7.4，5.2，3.4，2.2，1.4，0.9 及 0.7，买入卖出差价为 13.4 美元，总方差为 36.6，因此，在 95% 的置信区间下的 VaR 的数量为 $1.645\times\sqrt{36.6}=9.9$（目标函数的取值使得以上数量的和达到极小，即 23.3 美元）。

19.6 这样做是必要的，因为这些资产不能被转换为现金，也不能再用于新贷款的抵押品。

19.7 在压力市场条件，交易市场的存款更加容易消失。

19.8 对冲交易产生损失，但被对冲的部分会产生盈利，对冲交易的损失会触发保证金催付。不幸的是，被对冲的头寸虽然价值提高，但这些产品的流动性并不好。

19.9 正反馈是指交易员的交易会加重市场价格的变动，即交易员在价格上涨时买入，在价格下跌时卖出；负反馈是指交易员的交易会减缓市场价格的变动，即交易员在价格下跌时买入，在价格上涨时卖出。

19.10 这个 VaR 包括在进行平仓交易时的买卖价差的交易费用。

19.11 流动性黑洞产生于市场参与者均在市场单边的情形，监管条例对于流动性黑洞的产生有一定责任，只是因为金融机构所受的金融监管条例完全类似，金融机构对外部经济市场的反映也相似。

19.12 流动性黑洞的产生往往是由于众多的交易员采用同样的交易策略，当交易员采用不同的交易策略时，流动性黑洞出现的可能性不大。

第20章

20.1 盯市计价涉及利用交易市场的同类产品价格或相似的产品价格来对头寸定价，以模型定价是指模型在决定价格时取决定性作用。

20.2 杠杆及对股票暴跌的恐惧。

20.3 波动率不定性以及价格跳跃。

20.4 对于简单看涨及看跌期权进行定价时，交易员以 Black-Scholes-Merton 模型作为插值工具，他们通过利用市场交易活跃的期权来计算隐含波动率，然后对执行价格及期权期限来进行插值，由此他们可以计算出其他期权的隐含波动率，这些波动率又被重新代入 Black-Scholes-Merton 模型来计算价格，在执行对冲时，Black-Scholes-Merton 模型不仅仅只是插值工具。

20.5 13.45%。我们可以采用以下两种方法得出同样的答案：（a）在执行了价格介于 1.00 与 1.85 之间，期限介于 6 个月及 1 年之间进行两维线性插值；（b）在 6 个月及 1 年之间进行插值，然后在执行价格 1.00 与 1.05 之间进行插值。

20.6 物理模型是用于描述物理现象，金融模型是为了描述人类的行为。

20.7 某项业务类别与同业竞争者的报价的差别可能会给这项业务类别带来大笔生意。我们可以将交易平仓或者向同业竞争者询问报价的形式，找出价格差别。另外我们可以通过买入报价数据的形式来取得交易商提供的对于某些特别交易的平均价格。

20.8 模型内对冲是指对模型所包含的随机变量进行对冲，模型外对冲是指对模型所假设的常数变量进行对冲。

20.9 Black-Scholes-Merton 模型假定股票在 1 个月时的价格的概率分布为对数正态分布，这里考虑的股票价格显然不是对数正态，这时分布可能是两个对数分布的迭加，这时的分布有两个峰值，显然 Black-Scholes-Merton 模型不适用。

20.10 公允会计规则对持有至到期日与持有用于交易的资产和负债进行区分。每次产生金融报告是，持有用于交易的资产和负债都要进行定价，在 2008 年这一规则有所变化，金融结构在特殊情形（exceptional cases）可以将持有用于交易类的产品转化为持有至到期日的产品，相反转换也允许。在 2009 年，这一规则又被取消，内部模型在某些情形可以用来对产品定价。

20.11 这时，汇率的分布与对数正态分布相比，分布的左段及右段均比对数正态分布要瘦，这与 20.4 节讨论的情况相反，虚值及实值看涨及看跌期权的隐含波动率均比当值看涨及看跌期权的隐含波动率要低。

20.12 盯市计价是指在产品再定价（通常是每天）时，我们要保证产品的价格与市场价格一致，对于市场交易活跃产品而计算出的价格通常反映了市场价格信息，这时模型仅仅是一个插值工具，盯市计价所得出价格通常十分准确，结构性产品价格通常与模型有关，对于这些结构性产品定价方式通常是以模型定价。

第21章

21.1 经济资本金是银行对自身所需要的资本金的一个估计；监管资本金是监管部门要求银行必须持有的资本金数量。

21.2 置信区间的选取常常与金融机构的信用评级要保持一致，例如，信用等级为AA的公司在一年时的违约概率为0.03%，置信水平为99.97%。

21.3 业务风险与业务战略及名誉有关。

21.4 对于市场风险及操作风险，计算经济资本金的模型与计算监管资本金的模型类似，在计算信用资本金时，银行可能采用与计算监管资本金不同的相关性模型以及相关性参数。

21.5 99.97%的置信水平所对应的最坏损失的对数为$0.5+4\times3.43=14.23$，因此99.97%置信水平所对应的最坏损失为151万美元，由于对数分布的性质，我们得出预期亏损为$\exp(0.5+4^2/2)$，即4 915美元，因此资本金需求大约为150.5万美元。

21.6 部门1的经济资本金为96.85，部门2的经济资本金为63.87，整体资本金为124.660。

21.7 部门1对于整体经济资本金的附加效应为60.78，部门2对于整体经济资本金的附加效应为27.81，这意味着$60.78/(60.78+27.81)=68.61\%$的经济资本金应该分摊到部门1，$27.81/(60.78+27.81)=31.39\%$的经济资本金应该分摊到部门2，将部门1的规模增大0.5%对于整体资本金的边际效应为0.418 2，将部门2的规模增大0.5%对于整体资本金的边际效应为0.205 6。Euler定理得到满足，因为整体资本金大约等于0.418 2/0.005与0.205 6/0.005的和。

21.8 资本金为$40-2=38$（百万美元），税前收入为$12-5-2=5$（百万美元），税前RAROC为13.2%，在实践中，多元化可能会减少资本金数量，并使RAROC有所增加。

21.9 RAROC可以用来比较不同业务类别的表现和预测业务类别将来的表现。

术 语 表

（词汇出现次序以原文字母顺序为准）

ABS 见资产抵押证券 （Asset-backed Securities）。

ABS CDO ABS CDO 由 ABS 不同份额来生成的证券。

Accrued Interest 应计利息 自上一次息票支付日至今为止债券所累积的利息。

Add-on Factor 附加因子 在计算衍生产品交易中的等价信用量时，在当前的风险暴露之上附加的本金比例，其目的是为了反映衍生产品的将来价值的变化。

Advanced Measurement Approach 高级计量法 监管部门所允许的大多数管理成熟银行用以计算《新巴塞尔协议》操作风险监管资本的方法。

Adverse Selection 逆向选择 这种现象是指当保险公司以同等的价格向所有人提供保险时，保险公司往往对最坏的客户提供了的保障。

Agency Costs 代理费用 是描述当在某个商业行为中，两个不同参与者的利益不完全一致的情形。

Alternative Investments 另类投资 见对冲基金（Hedge Funds）。

Alpha Alpha 资产组合回报高出由资本资产定价模型所预测的那一部分。

American Option 美式期权 一种在期权期限内可以随时行使的期权。

Analytic Result 解析结果 一种被某种方程式所表达的结果。

Arbitrage 套利 利用两种或多种证券价格的不一致来获利的交易策略。

Arbitrage Pricing Theory 套利定价理论 投资回报与若干因子相关的理论。

Arbitrageur 套利者 参与套利交易的个体。

Asian Option 亚式期权 回报与一定时间段内基础资产的平均价格有关的期权。

Ask Price 卖价 交易商卖出资产的价格，也称卖出价（Offer Price）。

Asked Price 索取价 见卖价（Ask Price）。

Asset-backed Security 资产抵押证券 由债券、按揭、信用卡应收款可其他产品的现金流所产生的证券。

Asset Swap 资产互换 将约定的债券息票与 LIBOR 加上一个溢差进行互换。

At-the-Money Option 平值期权 执行价格等于基础资产价格的期权。

Autocorrelation 自相关 变量本身与变量在 k 天后取值的相关性（k 被称为时滞）。

Average Price Call Option 平均价格看涨期权 回报等于基础资产平均值超出执行价格之上的数量与零这两者之间的最大值的期权。

Average Price Put Option 平均价格看跌期权 回报等于执行价格超出资产平均值的数量与零这两者之间的最大值的期权。

Back-end Load 后期收费 基金份额被卖出时的收费。

Back Testing 回顾测试 利用历史数据对 VaR 或其他模型进行检测。

Backwards Induction 倒推归纳 一种由二叉树的底端反向倒推到树的起始点来对期权进行定价的过程。

Banking Book 银行账户 银行组合的一部分，这些资产预计会被持有到满期日。

Bankruptcy Costs 破产成本 在宣布破产后由于销售的损失、主要管理人员的离职及专业费用的增加所带来的成本，这些成本与引发破产的不利事件无关。

Barrier Option 障碍期权 回报与基础资产

的价格是否达到一定的障碍水平（即事先约定的水平）有关的期权。

Basel I 1988年《巴塞尔协议》 1988年颁布的关于银行监管的第一个国际协定。

Basel II 《新巴塞尔协议》 2007年开始实施的计算银行资本的新国际协定。

Basic Indicator Approach 基本指标法 在《新巴塞尔协议》中用来计算操作风险监管资本金的最简单方法。

Basis 基差 某种商品现货价格与期货价格之间的差距。

Basis Point 基点 在描述利率时，一个基点等于百分之一的百分之一（即0.01%）。

Basis Risk 基差风险 在进行对冲时，由于基差的不确定性所产生的风险。

Basket Credit Default Swap 一篮子信用违约互换 具有若干参考实体的信用违约互换。

Basket Option 一篮子期权 基础资产为一资产组合的期权。

Bermudan Option 百慕大期权 该类期权在期限中若干的时间可以被行使。

Best Efforts 非包销模式 投行按自身的能力将新发行证券以一个固定价格在投资人中进行销售，在这种承销模式中，投行对证券最终是否可以卖出不提供保证。

Beta Beta 检测某项资产的系统风险的一种度量。

Bid-Ask Spread 买卖差价 参考买入卖出差价（Bid Offer Spread）。

Bid-Offer Spread 买入卖出差价 卖出（或索取）价格与买入价格的差。

Bid Price 买入价 交易商为买入某项资产而准备支付的价格。

Binary Credit Default Swap 两值信用违约互换 当某特定参考公司违约时会触发一个固定数量支付的信用互换。

Binary Option 两值期权 具有不连续回报形式的期权。例如，现金或空手期权（cash-or-nothing-option）以及资产或空手期权（asset-or-nothing option）。

Binomial Model 二项式模型 用于检测在某一小段时间内资产价格变化的模型，对于任意时间段价格的变化只有两个可能。

Binomial Tree 二叉树 在二项式模型中描述资产价格变化的树型结构。

BIS Accord BIS协议 在1988年由世界12个国家的中央银行所达成关于银行监管的协议。

Bivariate Normal Distribution 二元正态分布 用于描述两个服从正态分布的相关变量之间关系的分布。

Black's Model Black模型 用于欧式期货期权合约定价的模型，这一模型是Black-Scholes-Merton模型的扩展，在实际操作中，这一模型被广泛应用于资产价格在到期日服从对数正态分布的欧式期权定价中。

Black-Scholes-Merton Model Black-Scholes-Merton模型 由Fisher Black、Myron Scholes、及Robert Merton开发的用于欧式股票期权定价的一个模型。

Bond Option 债券期权 基础资产为债券的期权。

Bond Yield 债券收益率 保证债券所有现金流的贴现值总和等于债券市场价格的贴现利率。

Bootstrap Method 息票剥离方法 通过市场数据来计算零息利率的方法。

Bunching 聚束效应 超过风险价值度的大额损失聚集在一起的趋势。

Business Risk 业务风险 这一名词应用于银行时是指战略风险（与银行进入新市场和开发新产品的决策有关）及声誉风险。

Calendar Days 日历天 日历上的每一天。

Calibration 校正 通过市场上交易活跃的期权价格来计算隐含的模型参数的方法。

Callable Bond 可赎回债券 注明允许发行者在债券期限内的特定时间里可以按特定价格将债券购回的债券。

Call Option 看涨期权 在将来某日可以按约定价格买入某种资产的期权。

Cancelable Swap 可取消互换 交易的一方可以在指定期限取消的互换。

Cap 上限 见利率上限（Interest Rate Cap）。

Capital Asset Pricing Model 资本资产定价模型 关于资产预期回报与资产的 Beta 系数之间关系的模型。

Caplet 单区间上限 利率上限交易中的一个基础组成部分。

Cap Rate 上限利率 决定利率上限回报的利率。

Capital Adequacy 资本充足率 银行或其他金融机构持有资本金充足率状态。

Cash-Flow Mapping 现金流映射 为计算风险价值度而将一种将产品拆解为一套零息债券的过程。

Case-Shiller Index Case-Shiller 指数 美国的房屋价格指数。

Cash Settlement 现金交割 以现金方式，而不是以实物形式对合约进行交割的方式。

CAT Bond CAT 债券 债券的利息甚至本金都可能在特定的灾难型（catestrophic）保险索赔超出一定数量后被扣除。

CDD Cooling Degree Days 降温天数 平均温度超出华氏 65°的数量与 0 两者取最大值，这里平均温度是指最高温度与最低温度的平均（子夜到子夜）。

CDO 见债务抵押债券（Collateralized Debt Obligation）。

CDO Squared CDO 平方 CDO 份额的组合的违约风险以某种形式摊派给新的份额。

CDS-Bond Basis CDS-债券基差 CDS 溢差与资产互换溢差的差。

CDX CDX 描述由北美 125 个投资级公司所组成的信用质量指数。

Chinese Walls 职能划分制度 这一词汇是用于描述金融机构内部信息管理政策，当有些信息在金融机构内部传播对客户会不利时，金融机构内部防火墙政策要阻止传播。

Cholesky Decomposition Cholesky 分解 从多元正态分布中进行抽样的一种方法。

Clawback Clause 收入条款 该条款可以保证投资人通过收回以前发出的绩效费来弥补当前损失。

Clean Price of Bond 债券除息价格（洁净价） 债券的报价，买入债券的现价（带息价格，脏价）等于这一报价再加上应计利息。

Clearinghouse 清算所 保证场内交易衍生产品的交易双方履行交易义务的实体（这一机构被称为清算机构）。

Clearing Margin 清算保证金 由清算中心会员交入的保证金数量。

Closed-end Fund 封闭式基金 基金份额为固定的一种形式的共同基金。

Coherent Risk Measure 一致性风险度量值 满足一系列条件的风险度量值。

Collar 加圈，利率上下限 见利率加圈（Interest Rate Collar）。

Collateralization 抵押制度 在衍生产品交易中，一方或双方须支付抵押品的制度。

Collateralized Debt Obligation 债务抵押债券 一种将信用风险打包的方式，由一个债券组合派生出几种不同的债券（被称为份额），各种债券的违约成本摊派服从事先阐明的规则。

Commercial Bank 商业银行 即发放贷款也承接存款的银行。

Component VaR 成分 VaR 与交易组合的成分相对应的 VaR，成分 VaR 的定义确保了所有成分 VaR 的总和等于整个资产组合的 VaR。

Compounding Frequency 复利计息频率 它定义了计算利率的时间间隔。

Compound Option 复合期权 期权的期权。

Compounding Swap 复合利率互换 互换的利息复合到支付区间最后进行交换。

Conditional Value at Risk CVaR 条件 VaR 见预期亏损。

Confirmation 交易确认 在场外市场用于确认交易双方口头协议的书面合约。

Consumption Asset 消费性资产 用于消费而不是投资的资产。

Continuous Compounding 连续复利 利率报价的一种方式，当复利报价的时间跨度变得越来越小时，其极限形式就是连续复利。

Convenience Yield 便利收益率 用于计量拥有某种资产而带来的便利，这种便利是期货合约的长头寸持有者所不拥有的。

Conversion Factor 转换因子 将表外项目转换为信用等价量时要乘上的因子。

Convertible Bond 可转换债券 可以在债券期限内的某个时刻转换为一定数量股票的公司债券。

Convexity 曲率 用来测定债券价格同收益率之间关系的曲线函数的曲率。

Convexity Adjustment 曲率调整 这一术语的应用之处很多，例如它可以用以描述将期货利率转换为远期利率所需的调节量，它还可以用于对某些产品定价时对于远期利率的调节。

Cooke Ratio 库克比率 在 1988 年《巴塞尔协议》中资本金与风险加权资产的比率。

Copula Copula 函数 确定已知分布的变量之间相关性的一种方式。

Cornish-Fisher Expansion Cornish Fisher 展开 一种表达概率分布与其矩之间的近似关系的式子。

Correlation 相关系数 描述两个标量的线性关系程度。

Correlation Matrix 相关矩阵 用矩阵来表达的市场变量之间的相关系数。

Cost of Carry 持有成本 存储成本加上购买资产所需的融资费用再减去资产的收益率。

Counterparty 对手 金融交易中的另一方。

Coupon 息票 债券所付的利息。

Covariance 协方差 描述两个变量之间的线性关系（等于变量的相关系数乘以它们的标准差）。

Covered Call 有掩护的看涨期权 对资产卖出看涨期权同时持有资产的长头寸的组合。

Crashophobia 暴跌恐惧症 人们对于类似 1987 年股票大跌的恐惧症，有人认为这一现象造成了市场参与者提高了深度虚值看跌期权的价值。

Credit Contagion 信用连锁反应 某公司的违约会触发其他公司也违约的倾向。

Credit Default Swap 信用违约互换 买入方有权在债券违约时按面值的价格将债券出售给卖方的一种工具。

Credit Derivative 信用衍生产品 回报与某家公司或多个国家的信用相关的衍生产品。

Credit Equivalent Amount 信用等价量 在 1988 年《巴塞尔协议》中与某表外交易等价的贷款数量。

Credit Rating 信用评级 对所发行债券方的资信（creditworthiness）大小进行度量的方式。

Credit Rating Transition Matrix 信用转换矩阵 一种表现公司在一定时间里由某一信用等级转为其他信用等级概率的表格。

Credit Risk 信用风险 在衍生产品交易中因为交易对手的违约而造成的风险。

Credit Risk Migration 信用风险转移 公司由某种信用级别转为其他信用级别的变化。

Credit Risk Plus Credit Risk Plus 计算信用风险价值度的一种方法。

Credit Spread 信用溢差 买入信用保护的费用，该术语也用于描述可能会违约债券的收益率与无风险利率的溢差。

Credit Value at Risk 信用风险价值度 对应于一定置信水平，信用损失所不会超出的数量。

CreditMetrics CreditMetrics 计算信用 VaR 的一种方法。

Cumulative Distribution Function 累积分布函数 变量小于 x 的概率与 x（为自变量）的函数关系。

Currency Swap 货币互换 某种货币的本金及利息同另外一种货币的本金及利息进行交换的合约。

Day Count 计天方式 为了计算利息而设定的用于确定天数的方法。

Day Trade 即日交易 在某天进入并在同一天进行平仓的交易。

Default Correlation 违约相关性 用于计量两个公司同时违约的趋势。

Default Intensity 违约密度 见危险率（Haz-

ard Rate)。

Deferred Annuity 递延年金 在年金合约中，为产生年金而进行支付的时间与年金开始有一个差距。

Defined Benefit Plan 固定收益计划 在这种养老计划中，雇员在退休后所得到的养老金数量由该计划事先定义，通常计算方式是由一个与雇员为公司服务的时间以及雇员的工资有关的公式。

Defined Contribution Plan 固定供款计划 在这种养老计划中，雇主及雇员的供款均被存入专一账户并进行投资。当雇员退休时，供款最后数量转换为年金，有时雇员可以选择收到一次性支付。

Deleveraging 去杠杆 个人和公司减少贷款的行为。

Delivery Price 交割价格 在远期合约中得到或支付的价格。

Delta Delta 衍生产品价格变化同基础资产价格变化的比率。

Delta Hedging Delta 对冲 为了确保衍生产品交易组合价格与基础资产价格变化无关的一种对冲机制。

Delta-neutral Portfolio Delta 中性交易组合 Delta 为 0 的交易组合，这种交易组合的价格同基础资产价格的微小变化无关。

Dependence 相关性 如果已知变量 Y 的取值对变量 X 概率密度会有影响，我们称变量 X 与变量 Y 具有相关性。

Deposit Insurance 存款保险 政府提供的当银行违约时，对存款人存款资金的保险承诺。

DerivaGem DerivaGem 在作者网页上可以下载的可用于计算期权价值的软件。

Derivative 衍生产品 价格取决于另外一种资产价格的产品。

Deterministic Variable 确定性（非随机）变量 将来的价值可以确定的变量。

Directed Brokerage 直接佣金 这是一种共同基金与经纪商之间的不当行为，其中经纪商向共同基金推荐客户，作为回报，共同基金向经纪商发出买卖股票及债券的指令。

Dirty Price of Bond 债券带息价格（肮脏价） 债券的现价。

Discount Bond 折扣债券 见零息债券。

Discount Instrument 贴现金融工具 不提供息票的产品，例如短期国债。

Discount Rate 折价率 由国库券或类似的工具的价格与面值的比率所得出的年回报率。

Distance to Default 违约距离 这一数量为资产价格在时间 T 的偏离会触发违约发生时的价格变化占标准差的倍数。

Diversification 分散化 将交易组合分散到不同资产所带来的分散效应。

Dividend 股息 向股票持有人支付的现金回报。

Dividend Yield 股息收益率 票息与股票价格的比率。

Dollar Convexity 绝对额曲率 等于与利率有关的组合的曲率乘以组合的价值。

Dollar Duration 绝对额久期 等于与利率有关的组合的久期乘以组合的价值。

Down-and-In Option 敲入期权 基础资产的价格下跌到一定水平之后，这一期权会得以存在。

Down-and-Out Option 敲出期权 基础资产价格下跌到一定水平之后，这一期权会得以消失。

Downgrade Trigger 降级触发（信用扳机） 当交易对手的信用级别低于一定水平时，交易商可以将现行交易进行平仓的条款。

Duration 久期 债券平均寿命的度量值，它也是债券价格变化同债券收益率变化的比率。

Duration Matching 久期匹配 将资产与负债的久期进行匹配的一个做法。

Dutch Auction 荷兰式拍卖 在这种拍卖过程中，投资人提出想买入股票的数量及价格，假定总共被拍卖股票数量为 N，对市场清盘的最高价格为 P，P 保证投资人愿意以这一价格或更高的价格买入所有 N 股股票，在竞标时价格高于 P 的投资人会得到满足，竞标

价格等于 P 的投资人的会买入一部分股票。

DV01 DV01 所有的利率变动 1 个基点所带来的影响。

Dynamic Hedging 动态对冲 定期调节基础资产的数量以对冲期权头寸的过程，对冲的目的是为了保证交易组合的风险中性头寸。

Dynamic Scenarios 动态情形 市场变量的不利情形包括了公司对不利情形的反应。

EAD EAD 见违约敞口 (Exposure at Default)。

Early Exercise 提早行使权力 在到期日之前行使权力。

Economic Capital 经济资本金 银行为自身需求所设定的资本金数量。

Efficient Frontier 有效前沿 投资人的预期回报与回报标准差之间的最佳替换关系。

Efficient Market Hypothesis 有效市场假设 资产价格反映了有关市场信息的假设。

Electronic Trading 电子交易 使得买方与卖方得以匹配的电子计算机系统。

Embedded Option 内含期权 期权作为另外产品中不可分割的部分。

Empirical Research 实证研究 基于市场历史数据的研究方式。

Endowment Life Insurance 储蓄寿险 这类保险中的，事先约定的赔偿额是在投保人死亡或在合同到期时的第一时间一次性支付。

Equity Swap 股票互换 股票组合的回报与固定利率或浮动利率进行交换的合约。

Equity Tranche 股权份额 基础资产组合派生出的份额资产中最新承担损失的一部分。

Eurocurrency 欧洲货币 一种脱离货币发行国的货币当局正式控制的流动性货币。

Eurodollar 欧洲美元 在美国以外的银行持有的美元。

Eurodollar Futures Contract 欧洲美元期货合约 关于欧洲美元的期货合约。

Eurodollar Interest Rate 欧洲美元利率 欧洲美元存款的利率。

European Option 欧式期权 只能在期权到期日才能被行使的期权。

EWMA EWMA 指数加权平均移动。

Excess Cost Layers 超出成本层 保险公司对于某类业务的费用在一定范围之内。

Excess Spread 超额利差 向份额持有者支付回报的总和小于基础资产收入利息的总和。

Exchanged-traded Fund 交易所交易基金 基金的创立方式可以使得机构投资人随时将基金份额转换为股票，或将股票转换为基金份额。

Exchanged-traded Market 场内交易市场（交易所交易市场） 由交易所（例如纽约股票交易所及芝加哥期权交易所）组织的交易市场。

Ex-dividend Date 除息日 当宣布股利时，除息日也被确定下来，在除息日之前买入股票的投资者可以得到股息。

Exercise Price 执行价格 在期权合约中买卖基础资产的价格，也被称为敲定价格 (Strike Price)。

Exotic Option 奇异期权 非标准化的期权。

Expected Shortfall 预期亏损 在 $(100-X)\%$ 的盈利/亏损分布的条件下，在 N 天内的损失期望值，N 为展望期，$X\%$ 为置信水平。

Expectations Theory 预期理论 该理论认为远期利率等于预期的未来即时利率。

Expected Value of a Variable 变量的期望值 变量按出现概率为权数得出的加权平均值。

Expiration Date 到期日 合约期限的终止日。

Exponential Weighting 指数加权 对于数据所实施的权重与数据的新旧有关，对于 t 时刻以前的数据所实施的权重等于 λ 乘以 $t-1$ 时刻以前的数据，$\lambda<1$。

Exponentially Weighted Moving Average Model 指数加权平均移动模型 对变量的历史数据按指数进行加权来预测的模型，有时这种模型用来计算 VaR 求解过程中的方差及协方差。

Exposure at Default 违约敞口 在违约发生时可能损失的最大数量（这里假设违约资产没有任何回收价值）。

Extreme Value Theory 极值理论 一种由某

些数据来估计分布尾部形状的理论。

Factor 因子 不确定性的来源。

Factor Analysis 因子分析 一种从描述变化的大量相关变量提取出少量的主要因子的分析方法，这一方法与主成分分析（Principal Component Analysis）类似。

Factor Copula 因子 Copula 模型 该模型一个因子模型的特例，其中的变量是以 Copula 模型建立相关性。

Factor Loadings 因子载荷 在因子模型中对应于只有一个特定因子而没有其他因子时，变量的数值。

Factor Model 因子模型 假定一组相关变量与一组相互独立变量存在线性关系的模型。

Factor Scores 因子得分 在因子模型中，一定的观察变量所对应的不同因子的数量。

FICO FICO 由 Fair Isaac 公司（Fair Isaac Corporation）研发出的信用评分。

Fair-value Accounting 公允价值会计准则 以市场价格将资产计入账户的做法。

Financial Intermediary 金融中介 使得经济中不同主体之间的资金流动的银行或金融机构。

Firm Commitment 包销形式 投行对新发行证券的销售价格进行承诺，如果没有投资人买入证券，投行必须自己买入。

Fixed Annuity 固定年金 年金的支付数量被事先约定。

Floor 下限 见利率下限（Interest Rate Floor）。

Floor-Ceiling Agreement 上下限合约 见加圈（Collar）。

Floorlet 单区间下限 利率下限交易中一个构成。

Floor Rate 下限利率 在下限合约中所阐明的利率。

Foreign Currency Option 外汇期权 有关汇率的期权。

Forward Contract 远期合约 规定持有人在将来某约定时刻按指定价格买入或卖出某种资产的合约。

Forward Exchange Rate 远期汇率 一个单位外汇的远期价格。

Forward Interest Rate 远期利率 由当前市场利率所得出的将来某时间的利率。

Forward Price 远期价格 远期合约中使得合约价值为 0 的交割价格。

Forward Rate 远期率 这一名词既可以指远期利率也可以指远期汇率。

Forward Rate Agreement（FRA） 远期利率协议 交易双方达成的在将来某时刻按某种利率对一定面值计息的协议。

Front-end Load 前端收费 投资人首次买入基金份额时支付的费用。

Front Running 抢先交易 在基金交易大笔股票交易之前，提前为自身账户进行交易的行为。

Fund of Funds 基金的基金（母基金） 投资于不同的对冲基金所产生的组合的基金。

Futures Contract 期货合约 一种规定持有人在将来某时刻按约定价格买卖资产的合约，此合约每天都要进行结算。

Futures Option 期货期权 一种关于期货的期权。

Futures Price 期货价格 期货合约中的当前交割价格。

G-30 Policy Recommendations 30 人课题组报告 由一组非监管人员在 1993 年提出的关于衍生产品问题的建议。

Gamma Gamma 产品的 Delta 变化与资产价格变化的比率。

Gamma-neutral Gamma 中性 Gamma 为 0 的资产组合。

GARCH Model GARCH 模型 用于预测波动率的模型，此模型的方差具备均值回归特性。

Gaussian Copula Model 高斯 Copula 模型 基于多元正态分布的 Copula 模型。

Glass-Steagall Act 格拉斯-斯蒂格尔法 美国通过的关于商业银行与投资行分业经营的法案。

Greeks 希腊值 Delta、Gamma、Vega、Theta 及 Vega 等对冲参数。

Group Life Insurance 团体健康保险 通常由雇主为其雇员安排的群体健康保险。

Haircut 折扣 抵押品计算中对于抵押资产价格的折扣。

Hazard Rate 危险率 在没有前期违约的条件下，检验较短一段时期内的违约概率的度量值。

HDD（Heating degree days） 升温天数，一天内平均温度少于华氏 65°的数值与 0 两者中取最大值，这里平均温度为一天最高温度与最低温度的平均值（子夜到子夜）。

Hedge 对冲 用于减小风险的交易。

Hedge Funds 对冲基金 这类基金所受限制要远少于共同基金，他们可以利用衍生产品，采用卖空交易策略，但是不能向公众发行证券。

Hedger 对冲者 开展对冲交易的个人。

Hedge Ratio 对冲比率 对冲产品数量与被对冲头寸的比率。

High Water Mark Clause 高潮位标记条款 该条款阐明前期损失必须在全部补齐的情况下，绩效费才适用。

Historical Default Probabilities 历史违约概率 由历史数据估算出的违约概率。

Historical Simulation 历史模拟法 基于历史数据的模拟方式。

Historical Volatility 历史波动率 由历史数据估算出的波动率。

Holiday Calendar 假期日历 用于定义哪些天是假期的日历，这一日历的目的是为了确定金融交易的付款日期。

Hurdle Rate 利率下限 只有在业绩超出这个最小回报率时，绩效费才适用。

Hybird Approach 混合型方法 将不同类型经济资本金进行汇总的方法。

Implied Volatility 隐含波动率 在 Black-Scholes-Merton 模型（或类似扩展模型）的期权价格中隐含的波动率。

Inception Profit 起始盈利 由于衍生产品的卖出价格高于理论价值所产生的盈利。

Incremental Value at Risk 增量 VaR 资产组合中包含某头寸的 VaR 与不包含某头寸的 VaR 之差。

Independence 无关 如果已知变量 Y 的取值对变量 X 概率密度没有影响，我们称变量 X 与变量 Y 无关。

Index Fund 指数基金 基金的目的是为了跟踪某个股票指数。

Initial Margin 初始保证金 在最初期货交易时交易员需要付出的现金保证。

Instantaneous Forward Rate 即时远期利率 对应将来某一很短时间段的远期利率。

Interest Rate Cap 利率上限 在利率高于一定水平时，这种期权会产生回报，这里对应的利率为需要定期设定的浮动利率。

Interest Rate Collar 利率加圈 一个利率上限及利率下限的组合。

Interest Rate Derivative 利率衍生产品 衍生产品的回报取决于将来的利率。

Interest Rate Floor 利率下限 在利率低于一定水平时，这种期权会产生回报，这里对应的利率为需要定期设定的浮动利率。

Interest Rate Option 利率期权 回报取决于将来利率水平的期权。

Interest Rate Swap 利率互换 固定利率与浮动利率的互换合约，双方用于计算利息的本金值相同。

Internal Credit Rating 内部信用评级 金融机构本身（而不是穆迪或标普评级机构）所给出的信用评级。

In-the-Money Option 实值期权 这种期权可为：（a）资产价格大于执行价格的看涨期权；或者是（b）资产价格低于执行价格的看跌期权。

Intrinsic Value 内在价值 对于看涨期权，此价值等于资产价格超出执行价格的数量与 0 的最大值；对于看跌期权，此价值等于执行价格超出资产价格的数量与 0 的最大值。

Investment Asset 投资资产 出于投资目的而被大量个人拥有的资产。

Investment Bank 投资银行 为公司发行证券和股票的银行。

Investment Grade 投资级产品 信用级别高于 BBB（Baa）的债券及产品。

IPO IPO 最初公开发行，是指公司第一次发行股票，在 IPO 之前，一般只有公司的创立人、雇员、及其他风险投资人（venture capitalist）持有公司的股权。

iTraxx iTraxx 由欧洲 125 家投资级公司所组成的信用指数。

IRB Approach 内部评级法《新巴塞尔协议》中规定用于计算信用风险资本金的方法。

IRC 新增风险资本金 一种对于交易账户上的与信用有关的产品的额外资本金要求。

Junk Bond 垃圾债券 非投资级债券。

Key Risk Indicators 主要风险指标 跟踪操作风险水平的指标。

Kurtosis 峰度 用于检验分布尾部肥瘦的度量值。

Late Trading 逾时交易 在 4 点钟以后下单，并以 4 点钟的价格买入或卖出基金份额的行为。

Leveraging 杠杆化 个人或公司加大贷款力度的行为。

LGD LGD 见违约损失（Loss Given Default）。

Liar Loan 骗子贷款 这种贷款的申请人在填写贷款申请表时撒谎。

LIBID 伦敦银行同业借款利率 即银行对于欧洲货币存款所报的利息率（也就是银行愿意以这一利率向其他银行借入资金）。

LIBOR 伦敦银行同业拆借利率 即银行对于在其他银行存入欧洲货币所要求的利息率（也就是银行愿意以这一利率将资金借给其他银行）。

LIBOR Zero Curve LIBOR 零曲线 见 LIBOR/互换曲线。

LIBOR-in-Arrears Swap LIBOR 后置互换 在该互换交易中，某天支付的利率取决于当日观察到的利率水平（利率的计算不是取决于前一阶段所观察到的利率）。

LIBOR/Swap Zero Curve LIBOR/互换零息利率曲线 由 LIBOR 利率、欧洲货币期货及互换利率所计算出的零息利率，利率为时间的函数。

Life Insurance 人寿保险（寿险） 保险支付取决于某人是否健在。

Linear Model 线性模型 在线性模型中，组合的价格与标的市场标量存在某种线性关系。

Linear Product 线性产品 价格与一个或多个基础资产变量有着某种线性关系的衍生产品。

Liquidity-adjusted VaR 经流动性调节的 VaR 包含交易平仓时买卖差价的 VaR 的数量。

Liquidity Black Holes 流动性黑洞 因所有投资人均处于市场单侧所引起的流动性枯竭。

Liquidity Preference Theory 流动性偏好理论 这一理论的结论是远期利率会高于预期的将来即期利率。

Liquidity Premium 流动性溢差 远期利率超出预期的将来即期利率的数量。

Liquidity Funding Risk 融资流动性风险 融资来源枯竭所造成的风险。

Liquidity Trading Risk 交易流动性风险 一个资产的卖出价格不能达到其理论价格的风险。

Lognormal Distribution 对数正态分布 一个变量服从对数正态分布是指当这一变量的对数服从正态分布。

Longevity Risk 长寿风险 一个人比预期活的更长所带来的风险。

Long Position 长头寸 买入某项资产时所处的头寸。

Long-tail Risk 长尾风险 长尾风险是指在财产伤害保险投保期过后的若干年出现索赔的可能性。

Lookback Option 回望期权 在到期日的回报和资产价格在一段时间内的最大值或最小值有关的期权。

Loss Given Default 违约损失 在对手违约时的损失与风险暴露的比率。

Macauley's Duration 麦考利久期 等于现金流的收入时间的加权平均，权重等于现金流的贴现值与整体现金流贴现总和的比。

Maintenance Margin 维持保证金 当交易员的保证金低于一定水平时，交易员会被要求增加保证金，以使得保证金恢复到最初的保证金水平。

Margin 保证金 期货或期权交易员必须维持的现金存款（或存入的证券）的数量。

Margin Call 追缴保证金通知 当保证金账户内的存款低于一定水平时，要求增加额外的保证金。

Marginal Value at Risk 边际 VaR 随着资产组合中一个组成部分的增加出现的 VaR 的变动率。

Market Maker 做市商 对一项资产同时给出买入价与卖出价这两种报价的交易员。

Market Model 市场模型 被交易员广泛采用的模型。

Market Portfolio 市场资产组合 包含所有可能投资的资产组合。

Market Risk 市场风险 由市场变量变化所带来的风险。

Market Timing 市场择时 市场择时是指基金经理允许一些特殊的客户可以频繁地买入或卖出基金的份额，或进行迟后交易来盈利。

Marking to Market 逐日盯市 为反映市场变量的当前市场价格，而对产品重新定价的过程。

Marking to Model 以模型定价 利用模型来确定当前资产的做法。

Maturity Date 到期日 合约的最终到期时间。

Maximum Likelihood Method 最大似然估计法 一种计算参数的方法，由这一方法得出的参数可以保证出现观察值的概率达到极大。

Mean Reversion 均值回归 波动率或利率等市场变量，长期向平均水平回归的倾向。

Merton's Model 默顿模型 这一模型利用股票价格来估计违约概率（其他由默顿研发出的模型也被称为默顿模型）。

Mezzanine Tranche 中间份额 损失发生在股权份额之后，但在高级份额之前的份额。

Model-building Approach 模型构建法 一种计算 VaR 的方法。

Model Risk 模型风险 利用模型来对衍生产品定价时所带来的风险。

Moral Hazard 道德风险 某一被保主体因为保险合约的存在而改变自身行为举止所带来的风险。

Modified Duration 修正久期 一种对标准久期的修正，其目的是为了更加准确地描述债券价格变化同收益率实际变化的比率关系，修正久期考虑了收益率报价的计息频率。

Money Center Bank 货币中心银行 在全世界运作，并且资金主要来自于交易市场的银行。

Monte Carlo Simulation 蒙特卡罗模拟 一种对市场变量进行随机抽样的过程。

Mortality Risk 死亡风险 一个人比预期提前死亡而带来的风险。

Multibank Holding Company 多银行持股公司 即对多家银行进行持股的公司，其建立是为了绕过美国的一些银行监管规定。

Multivariate Normal Distribution 多元正态分布 多变量的联合分布，其中任意单一变量均服从正态分布。

Mutual Fund 共同基金 为众多小型投资人提供的一种投资形式（在某些国家也被称为是单位信托（unit trust））。

Naked Position 裸期权头寸 一个不与基础资产长头寸相结合的看涨期权短头寸。

National Association of Insurance Commissioners 全国保险联合会 在美国为州际的监管当局提供服务的组织。

Negative Feedback Trading 负反馈交易 资产价格上涨时买入，下跌时卖出的交易行为。

Net Asset Value 净资产价值 基金价值除以基金的份额数量。

Net Interest Income 净利息收入 银行的利息收入与利息支出之差。

Net Replacement Ratio 净替换比率 具有净

额结算的当前头寸与无净额结算的当前头寸的比率。

Netting 净额结算 在对手违约时能够使得具有正价值的合约与负价值的合约相互抵消的能力。

NINJA NANJA 描述没有工作、没有收入、没有资产的，信用差的群体。

Noninvestment Grade 非投资级 信用级别低于 BBB(Baa) 的债券或其他产品。

Nonlife Insurance 非人寿保险 见财产保险 (Property-Casualty Insurance)。

Nonlinear Product 非线性产品 产品的价值与基础变量不呈线性关系的衍生产品。

Nonperforming Loan 不良贷款 贷款利息拖欠已经超过了 90 天。

Nonsystematic Risk 非系统风险 不能被分散的风险。

Normal Distribution 正态分布 统计上标准的钟形分布。

Normal Market 正常市场 期货价格随着期限增大而有所增长的市场。

Notional Principal 名义本金 用于计算利率互换付款量的本金数量，这里的本金是一种名义的（notional）形式，因为它有时不被用于实际的支付。

Numerical Procedure 数值方法 在没有解析公式时所采用的计算方法。

Objective Probability 客观概率 基于数据的概率。

Offer Price 卖出价 交易商卖出资产所给出的价格（也被称为索取价（Ask Price））。

Open-end Fund 开放式基金 开放式基金份额数量随投资人买入或卖出基金份额而有所变化。

Open Interest 未平仓合约 期货市场上存在的长头寸总量（等于市场上的短头寸总量）。

Open Outcry 公共喊价 交易员在交易大厅相见并以公共喊价的形式报价的一种交易方式。

Operational Risk 操作风险 是指不完善或有问题的内部程序、员工和信息科技系统、以及外部事件所造成的风险。

Option 期权 买入或卖出资产的权力。

Originate-to-Distribute Model 发行及销售模式 这一术语是指银行发行贷款、及信用卡，然后将这些资产进行证券化来将信用风险转移给其他投资人的过程。

Out-of-the-Money Option 虚值期权 这种期权可以是：(a) 资产价格低于执行价格的看涨期权，或者 (b) 资产价格高于执行价格的看跌期权。

Outside-Model Hedging 模型外对冲 对那些在模型中被假设为常数的变量进行对冲（与模型内对冲相反（Within-Model Hedging））。

Overcollateralization 超额抵押 抵押资产的面值比生成的份额证券的面值更高的情形。

Over-the-Counter Market 场外市场（柜台市场） 交易员通过电话处理的市场，这里的交易员通常是为金融机构、企业或资金管理公司进行交易。

Par Value 面值 债券的本金数量。

Par Yield 票面收益 使得债券价格等于本金的息票。

Parallel Shift 平行移动 零息利率曲线上每一点移动相同数量的变动形式。

Partial Duration 局部久期 零息利率曲线上一点变化所触发的交易组合价值的百分比变化。

Payoff 回报 期权或其他衍生产品的持有人在产品到期时所收到的现金。

PD PD 违约概率。

Performing Loan 良好贷款 贷款的利息的拖欠时间没有超出 90 天。

Physical Default Probability 真实世界违约概率 见历史违约概率（Historical Default Probability）。

Plain Vanilla 最基本/简单 用于描述标准交易的术语。

Poison Pill 毒丸 公司采取行动来使得其他公司对其兼并变得更加困难的做法。

Poisson Distribution 泊松分布 在一定时间内事件出现的分布为一个泊松过程。

Poisson Process 泊松过程 描述事件产生次数的一种随机过程，在任意时间段 Δt 内，事件产生的概率为 $\lambda\Delta t$，其中 λ 为过程的密度。

Policyholder 投保人 保险单的持有者。

Portfolio Immunization 组合免疫 保证资产组合与利率相对不敏感的一种做法。

Portfolio Insurance 组合资产保险 资产组合经理进行交易以保证组合的价值不会低于一定的水平的做法。

Positive Feedback Trading 正反馈交易 在资产价格下降时买入，或在资产价格上升时卖出的交易。

Positive Semidefinite 半正定 确保方差协方差矩阵有效的一个必要条件。

Power Law 幂律 描述实际中遇到的概率分布尾部状态的一种法则。

Premium 收费 卖出产品的价格。

Prime Broker 机构经纪人 银行作为机构经纪人是指银行替对冲基金的交易进行清算、向对冲基金提供贷款、及其他服务等。

Principal 本金 债务性工具的面值。

Principal Components Analysis 主成分分析 一种由描述变化的大量的数据来提取少数主要因子的分析方法（与因子分析法类似）。

Private Placement 私募 在没有向公众发行新发证券，而将证券卖给小数量金融机构的过程。

Property-Casualty Insurance 财产保险公司 财产保险公司为投保人的财产损失提供保险，伤害保险为投保人的法律责任，以及对于第3者身体的意外伤害提供保险。

Proprietary Trading 自营交易 金融机构为自身账户进行交易，而不是替客户进行交易的行为。

Public Offering 公募 向大众出售证券的过程。

Put-Call Parity 看跌看涨期权恒等式 具有同样执行价格以及期限的欧式看涨期权和欧式看跌期权所满足的关系式。

Put Option 看跌期权 在将来某时刻可以按指定价格卖出某项资产的权力。

Puttable Bond 可提前退还债券 持有此债券的投资人在将来某时刻以指定价格将债券卖给债券发行人。

Puttable Swap 可赎回互换 一方有权提前中止的互换协议。

Quadratic Model 二次型模型 资产组合价值的变动与市场变量的百分比变化之间存在的二次型关系。

Quantitative Impact Studies 定量影响研究 巴塞尔委员会关于新规定对于银行资本金的定量效应的研究。

RAROC RAROC 风险调整后资本回报率。

RCSA 风险控制和自我检测 一种检测操作风险的方法。

Rebalancing 再平衡 对交易头寸的调整，其目的是为了保证 Delta 中性。

Recovery Rate 回收率 违约时债券收回的价值与面值的比率。

Regulatory Arbitrage 监管套利 交易的目的是为了减少金融机构的监管资本。

Regulatory Capital 监管资本 监管部门所要求金融机构必须持有的资本金。

Reinsurance 再保险 保险公司将风险专给其他公司的情形，当然，承接风险的公司会得到补偿。

Repo 回购 回购协议的简称，这种协议的一方卖出证券借入资金并约定在今后以稍高价格购回的做法。

Repo Rate 回购利率 在回购协议中采用的利率。

Reset Date 定息日 在互换及上限/下限协议中，一个设定下一时间段内利率的日期。

Reserve Requirement 准备金要求 即将存款的一定比率存入中央银行的规定。

Retail Banking 零售银行 从零售客户出承接小数量贷款，并向零售客户发放小数量贷款的银行。

Reverse Stress Testing 反向压力测试 通过算法来寻求导致重大损失的压力测试情形的做法。

Reversion Level 回归水平 市场变量（例如波动率）价值回归的水平。

Rho Rho 衍生产品价格变化同利率变化的比率。

Risk-free Rate 无风险利率 不承担任何风险就可以得到的利率。

Risk-neutral Valuation 风险中性定价 在期权及其他衍生产品定价中假设世界为风险中性，风险中性定价给出的价格不只是对于风险中性世界而言，在所有世界，其价格均正确。

Risk-neutral World 风险中性世界 在这一世界中，投资人对所承担的额外风险不索取额外回报。

Risk-weighted Amount 风险加权量 见风险加权资产（Risk-weighted Assets）。

Risk-weighted Assets 风险加权资产 1988 年《巴塞尔协议》和《新巴塞尔协议》中的一个计量资产数量的方式，《巴塞尔协议》要求总资本至少是风险加权资产的 8%。

Roll Back 倒推 见倒退归纳（Backwords Induction）。

Sarbanes-Oxley 萨班斯-奥克斯利法案 美国于 2002 年通过的法令，其目的只为了增强上市公司董事、首席执行官及首席财务官的责任。

Scenario Analysis 情景分析 一种分析市场变量的不同情形对于组合价值不同影响的分析过程，这一名词也用于生成操作风险的损失的不同情形。

Scorecard Approach 计分卡方式 一种对操作风险的进行自我评价的方法。

SEC SEC 证券交易委员会。

Securitization 证券化 通过将来的现金流来产生证券的过程。

Senior Tranche 高级份额 在基础资产违约时，最后承担损失的份额。

Short Position 短头寸 交易员卖出自己并不拥有的证券。

Short Selling 卖空交易 由其他投资人处借入资产并在市场上变卖的交易形式。

Simulation 模拟 见蒙特卡罗模拟（Monte Carlo Simulation）

Solvency Ⅰ 偿债能力Ⅰ 欧盟当前的关于保险公司的监管规定。

Solvency Ⅱ 偿债能力Ⅱ 欧盟所设定的关于保险公司监管的新规定。

Solvency Risk 偿还能力风险 负债会大于资产的风险。

Specific Risk Charge 特殊风险资本金 对于交易账户中特殊风险所设定的资本金。

Spectral Risk Measure 光谱型风险度量 对于风险分布的分位数设定不同权重的风险度量方式。

Speculative Grade 投机级债券 见非投资级债券。

Speculator 投机者 市场上持有某个头寸的个人，通常他对于资产价格的上涨或下跌进行下赌。

Spot Interest Rate 即期利率 见零息利率（Zero Coupon Interest Rate）。

Spot Price 现货价格 即期交割的资产价格。

Spot Volatility 即时波动率 采用不同波动率对于单一区间上限定价，并以此取得以对整个利率上限定价的波动率曲线。

Static Hedge 静态对冲 头寸在设定后无须调整的对冲策略。

Static Options Replication 静态期权复制 这种对冲方式涉及找出一个交易组合以使得在某个边界上这一交易组合价值与被对冲产品的价值相等。

Stochastic Variable 随机变量 将来价值不确定的变量。

Stock Index 股票指数 用于跟踪股票组合的指数。

Stock Index Futures 股指期货 关于股票指数的期货产品。

Stock Index Option 股指期权 一个关于股票指数的期权。

Stock Option 股票期权 一个关于某种股票的期权。

Stop-Loss Rule 止损规则 当某种头寸的损

失超出一定数量后，对头寸进行平仓的规定。

Storage Costs 储存费用 储存某种商品的费用。

Stress Testing 压力测试 用于检验极端的市场变化对于资产组合价值的影响。

Strike Price 执行价格（敲定价格） 期权合约中所规定的资产买入或卖出的价格。

Structured Product 结构性产品 金融机构为了满足客户的特殊需求而设计的特殊衍生产品。

Student t-Copula 学生 *t*-Copula 函数 基于多元 *t* 分布的 Copula 函数。

Student t-Distribution 学生 *t*-分布 这一分布比正态分布有更肥的尾部分布。

Subjective Probability 主观概率 放映了某个人观点的概率，这一概率并不是基于数据。

Supplemental Capital 附加资本金 见 2 级资本（Tier 2 Capita）。

Subprime Mortgage 次级按揭贷款 信用质量低于平均质量的按揭贷款。

Swap 互换协议 以某指定的形式在将来交换现金流的协议。

Swap Rate 互换利率 利率互换中保证互换价值为 0 的固定利率。

Swap Zero Curve 互换零息利率曲线 见 LIBOR/互换零息利率曲线（LIBOR/Swap Zero Curve）。

Swaption 互换期权 在将来某时刻可以将固定利率与浮动利率进行互换的期权一种。

Synthetic CDO 合成 CDO 由卖出信用违约互换而创建的 CDO。

Synthetic Option 合成期权 由交易基础资产而创建的期权。

Systematic Risk 系统风险 不能被分散的风险。

Systemic Risk 系统风险 由一家金融机构违约而引发其他金融机构违约的风险。

Tail Correlation 尾部相关性 两个分布尾部的相关性，用于检测极端事件同时出现的可能性。

Tail Loss 尾部损失 见预期亏损（Expected Shortfall）。

Taylor Series Expansion 泰勒级数展开 对于多元变量的函数，在变量变化较小时，这种级数展开将函数价值的变化与变量值的变化联系在一起。

Teaser Rate 前期优惠利率 在按揭的最初 2 到 3 年的低利率。

Term Life 期限寿险 在这中保险中，如果投保人在一定期限内死亡，保险公司将支付赔偿。

Term Structure of Interest Rates 利率期限结构 利率与其期限的关系。

Terminal Value 终端值 在合约到期时产品的价值。

Threshold 无抵押额度 在抵押协议中给对手提供的无抵押信用额度。

Theta Theta 随着时间的推移，期权或其他衍生产品价格的变化率。

Tier 1 Capital 1 级资本 股本及类似来源的资本金。

Tier 2 Capita1 2 级资本 次级债务（期限大于 5 年）及其他类似来源的资本金。

Tier 3 Capital 3 级资本 短期次级债券（期限介于 2 - 5 年之间）。

Time Decay 时间衰减 见 Theta。

Time Value 时间价值 由于当前与到期日之间的时间而产生的期权价值（等于期权价格减去内含价值）。

Total Expense Ratio 总费用比率 财产保险公司的总费用与保费总和的比率。

Total Return Swap 总回报互换 在这一互换协议中，债券等资产的回报与 LIBOR 加上一个差价进行交换，资产的回报包括息票以及资产价值的变化。

Trading Days 交易日 市场开盘交易的日期。

Trading Book 交易账户 银行组合的一部分，这些资产是用于变卖。

Tranche 份额 具有不同风险特征的证券的一部分，例如 CDO 的份额。

Transaction Costs 交易费用 进行交易而产

生的付费（佣金以及取得的价格与产品中间价格的差值，产品中间价格等于买入与卖出价的平均值）。

Treasury Bill 短期政府债券 政府发行的用于融资的短期不支付利息工具。

Treasury Bond 长期政府债券 政府发行的用于融资的长期带息工具。

Treasury Note 中期国债 期限不超过 10 年的政府债券。

Treasury Note Futures 中期国债期货 以中期国库券为基础资产的期货合约。

Tree 树 为了用于给期权及其他衍生产品定价而作出的代表市场变量价值变化的树形结构。

Underlying Variable 标的变量 决定期权及其他衍生产品价格的变量。

Unit Trust 单位信托 见共同基金（Mutual Fund）。

Universal Life Insurance 万能寿险 这是终身寿险的一种形式，其中保费数量每年可以有所不同，最终的保险赔偿取决与保费、投资表现、及费用。

Unsystematic Risk 非系统风险 见非系统风险（Nonsystematic Risk）。

Up-and-In Option 上升敲入期权 基础资产的价格上升到一定水平之后，这一期权会得以存在。

Up-and-Out Option 上升敲出期权 基础资产的价格上升到一定水平之后，这一期权会消失。

Value at Risk 风险价值度 在一定的置信水平之下，损失不会超出的数量。

Variable Annuity 可变年金 在这种合约中，投保人首先进行一次付款，并决定将资金投资于股票、债券或其他投保人选定的产品，在将来某个时刻所有资金将被转换为年金，如果投保人在到期日之前死亡，投保人的收益人将收到所有资金的累计价值。

Variable Life Insurance 变额寿险 这是终身寿险的一种特殊形式，投保人可以阐明在保险最初的年份里的盈余保费（即保费超出保险精算费用）的投资方式，如果投资表现好，投资收入可用于来支付保费，在投保人死亡时的赔偿有一个最低数量保证，但如果投资表现好，赔偿数量会远远高于最低数量。

Variance-Covariance Matrix 方差协方差矩阵 用于表达一系列不同市场变量之间的方差及协方差的矩阵。

Variance Rate 方差率 波动率的平方。

Vasicek's Model Vasicek 模型 基于高斯 Copula 函数的违约相关性模型（其他由 Vasicek 开发出的模型也称为 Vasicel 模型）。

Vega Vega 期权或其他衍生产品价格的变化同波动率变化的比率。

Vega-neutral Portfolio Vega 中性交易组合 Vega 为 0 的资产组合。

VIX Index VIX 指数 关于 S&P 500 股指波动率的指数。

Volatility 波动率 用于检验资产所得到回报的不定性的度量值。

Volatility Skew 波动率倾斜 用于描述非对称性波动率微笑的术语。

Volatility Smile 波动率微笑 隐含波动率随着执行价格而变化。

Volatility Surface 波动率曲面 揭示隐含波动率随着执行价格及期限而变的表格。

Volatility Term Structure 波动率期限结构 隐含波动率随期限的不同而变化。

Waterfall 瀑布现金流 将由标的组合所产生的现金流进行分配的规则，在一个典型的合约中，现金流首先用于支付对高级份额进行的承诺，然后现金流（如果还有的话）将用于支付对中间份额进行的承诺，最后的现金流（如果还有的话）将用于支付对股权份额进行的承诺。任何剩余现金流将用于来支付高级份额的本金。

Weather Derivative 天气衍生产品 回报取决于天气的衍生产品。

Whole Life Insurance 终身寿险 这种保险合约为投保人终生提供保险，保险是否会支付

赔偿为一定。

Wholesale Banking 批发银行 承接大额贷款和发放大额贷款的银行。

Within-Model Hedging 模型内对冲 对那些在模型中被假设为随机性态的变量进行对冲(与模型外对冲相反 (Outside-Model Hedging))。

Writing an Option 期权承约 卖出一个期权。

Yield 收益率 由产品提供的回报率。

Yield Curve 收益率曲线 见利率期限结构(Term Structure of Interest Rate)。

Zero-Coupon Bond 零息债券 没有息票的债券。

Zero-Coupon Interest Rate 零息利率 无息票债券所对应的收益率。

Zero-Coupon Yield Curve 零息利率曲线 零息利率与其期限之间函数图。

Zero Curve 零曲线 见零息利率曲线(Zero-Coupon Yield Curve)。

Zero Rate 零息利率 见零息利率(Zero-Coupon Interest Rate)。

Z-Score Z-评分 描述某公司违约可能性的一个数值。

DerivaGem 软件说明

读者可以在网页 http://www.rotman.utoronto.ca/~hull 上下载。DerivaGem 期权定价软件，版本为 1.53。这一软件需要 Microsoft Window 2000 或更高版本及 Microsoft Excel 2000 计算表或更高版本来运行。这一软件包含三个文件：DG153.dll、DG153.xls 和 DG153 functions.xls。软件中含有安装程序，它将 DG153.dll 放入 Windows \ System 文件夹或 window \ System 32 文件夹中[⊖]。

在应用软件之前，Office 2007 的用户在 Excel 开启时应选择 Enable Macros（开启宏）。如果你用的不是 Office2007，你应将 Excel Macros（宏）的安全等级设定为 Medium（中级）或者 Low（低级）。用户可在 Excel 中点击 Tools（工具），选择 Macros（宏）然后再选择 Security（保密），然后选择适当的安全等级。在使用软件时，如果你被提问是否开启 Macros，你应选择 Enable Macros。

期权计算器

DG153.xls 是一个用户友好（user friendly）的期权计算器。这一计算器包含三页，第一页可以用于股票期权、货币期权、股指期权及期货期权的计算；第二页可以用于美式及欧式债券期权的计算，第三页可以用于利率上限、利率下限及欧式互换期权的价格的计算。

软件可以计算期权的价格、希腊值以及隐含波动率，这一软件可以画出期权价格、希腊值同输入变量的关系图形，同时可以展现二叉树和三叉树以说明计算过程。

一般性操作

为了应用期权计算器，用户应该选择适当的工作页并且点击 Option Type，Underlying Type 等等，随后输入计算期权价格的变量，敲击回车（Enter）键，然后再点击计算（Calculate），软件 DerivaGem 可以展示价格、期权隐含波动率以及希腊值。如果价格是由定价树产生，用户应该选择第一个或第二个工作页，点击 Display Tree 来展示定价树，在图形显示中定价树的步数不能超过 10 步。附录 J 有树形显示的例子，在 3 个工作页可以展示许多不同的图形，为了展示图形，用户首先要选择竖轴变量、横轴变量以及变量的范围，随即敲击回车键，然后选择画图（Draw Graph）。当计算表中一个单元格（cell）或多个单元格（cells）有所变化时，用户需要点击计算指令，并同时敲击回车键。

股票、货币、股指及期货期权

第一个工作页（Equity_FX_Index_Futures）可以用于股票、货币、股指及期货期权价格的计算。在计算中用户首先选择 Underlying Type（股票、货币、股指或者期货），然后选择 Option Type，可选项包括：Analytic European（解析欧式用 Black-Scholes 模型来计算欧式期权价格），Binomial American（二叉树美式用二叉树来计算美式期权价格），Asian，Barrier Up and In，Barrier Up and Out，Barrier Down and In，Barrier Down and Out，Binary Cash or Nothing，Binary Asset or Nothing，Chooser，Compound Option on Call，Compound Option on Put 及 Lookback。用户应该输入基础资产变

⊖ 有时 Windows Explorer 的设定使 dll 文件不被显示（在 Windows Vista 中这好像不成问题）。为了改变 Windows 的早期版本的设定来使其显示 *.dll 文件，用户可以点击 Tools，选择 Folder Options，再选择 View，随之选择 Show Hidden Files and Folders。

量数值及期权变量数值，所有利率复利方式均为连续复利。

在对欧式及美式期权定价时，有一个窗口会弹出以便于用户输入票息，用户需要在第一列中输入票息的出息时间（今天开始以年计），在第二列输入票息数量，票息的输入必须按时间顺序。

用户可以选择是对看涨期权还是看跌期权进行定价。另外，用户需要阐明是否要计算隐含期权波动率，如果确实想计算隐含期权波动率，用户必须在名为价格（Price）的单元格输入期权价格。

当所有数据都输入以后，用户应该敲打回车键并点击计算（Calculate)，如果用户选择计算隐含波动率，那么 DerivaGem 将隐含波动率显示在名为“Volatility”的单元格中，计量单位为每年百分比（% per year)；如果用户没有选择计算隐含波动率，计算器会选择输入的波动率，并将期权价格列在价格（Price）单元格中。

完成计算后，用户可以检验定价树，并且展示图形。

当期权类型为欧式期权时，DeriveGem 采用附录 E 中的公式来计算价格及希腊值；当类型为二叉树欧式期权或二叉树美式期权时，DerivaGem 采用附录 F 中所讨论的二叉树来进行计算，软件中的二叉树步数最多可以为 500 步。

输入数据大多具备自我解释（self-explanatory）功能，对于亚式期权，“Current Average”对应于由交易开始至今的平均价格，如果一个亚式期权为一个崭新的期权（从起始至今的时间差距为0)，那么计算与“Current Average”单元格无关，这些单元格可以留为空白，对于回望期权，看涨期权的输入数据单元格包括“Minimum to Date”；对于看跌期权，输入数据单元格包括“Maximum to Date”，对于新的交易（即尚无历史数据)，这些值应该被设定为基础资产的当前价格。

债券期权

第二个工作页（Bond_Option）可以用于欧式及美式债券期权的定价，用户首先应该选择定价模型（Black-European，Normal-Analytic European，Normal-Tree European，Normal-Amarican，Lognormal-European，或 Lognormal-American)，这些模型在《期权、期货及其他衍生产品》中有所讨论。然后输入债券数据（Bond Data）及期权数据（Option Data)，券息为每年券息率，券息时间频率可以是 Quarterly，Semi-Annual 及 Annual，在名为 Term Structure 中用户需输入零息利率曲线，在第一列中输入期限（以年计)，在第二列输入以连续复利计的利率，期限应该是以年计，并按顺序排列。DerivaGem 采用与附录 B 图 B-1 类似的分段线性零息利率曲线的假设。在对利率衍生产品定价时，DerivaGem 将所有时间进位为最近的整数天数。

当所有数据都输入以后，用户需要敲击回车键。债券价格报价以 100 美元为本金量，在完成计算后，债券价格由零息利率曲线计算得出，在计算中用户应阐明期权是一个看涨期权或者是一个看跌期权，同时还应注明执行价格是一个引用价格（quote price）还是一个现金（带息）价格（dirty price)，（债券带息价格等于债券的报价加上应计利息)，注意执行价格是以每 100 美元为计的本金量，用户应该说明是在对看涨期权定价，还是在对看跌期权定价，同时要阐明是否想计算隐含波动率，如果用户选择了计算隐含被动率，并且采用了正态模型或者指数正态模型，DerivaGem 只对短期利率的隐含波动率进行计算，这时 DerivaGem 会选用一个固定的均值回归速度。

一旦所有数据都输入以后，用户应该敲击回车键，并且点击计算，然后检测定价树以及图形，注意定价树只陈列到期期权的最后期限，在计算中 DerivaGem 采用了一个更大的定价树来对债券进行定价。

注意 Black 模型与 Black-Scholes 模型类似，Black 模型假定在期权到期日债券价格服从指数正态分布，我们可以采用第 7 章久期公式将收益率波动率转换为债券价格波动率，市场上一般都采用这种转化。

上限及互换期权

第三个工作页（Caps_and_Swap_Options）可用来对利率上限及互换期权进行定价。用户首先需要选定期权类型（Option Type）（Swap Option 或 Cap/Floor）及定价模型（Black-European，Normal-European 或 Lognormal-Europeun），关于这些产品的定价，读者可参阅《期权、期货及其他衍生产品》，然后需要输入期权数据，阐明交割频率等于付款的频率，选择的频率种类有 Annual，Semi-Annual，Quarterly 及 Monthly，软件计算由利率上限及互换期限的到期日以倒推方式计算期权的价格，最初的计利区间可能是非标准的，其长度可能介于正常计利区间的 0.5 ~ 1.5 倍，DerivaGem 可以由价格计算隐含的上限或互换利率的波动率，当采用正态或对数正态模型时，DerivaGem 只计算短期利率的隐含波动率，同时采用一个固定的回归均值速度，在名为“Term Structure”的表格中，用户需要输入零息利率曲线，在第一列中需要输入期限（以年计），在第二列中需要输入连续复利利率，期限必须以年份顺序为序，DerivaGem 采用了类似于附录 B 中表 B-1 中的分段线性零息利率曲线的假设。

当所有数据输入后，用户应该点击计算，然后会显示图形。采用 Black 模型时，DerivaGem 对于利率上限及利率互换期权的定价中分别假定将来区间段利率及将来互换利率服从对数正态分布的假设。

希腊值

在“Equity_FX_Index_Futures”工作页中，计算出的希腊值分别为

Delta：资产价格增长 1 美元，期权价格相应的变化量。

Gamma：资产价格增长 1 美元，期权 Delta 相应的变化量。

Vega：波动率增长 1%（例如，波动率由 20% 变为 21%），期权价格相应的变化量。

Rho：利率增长 1%（例如，利率由 5% 变为 6%），期权价格相应的变化量。

Theta：日历日往前提进一日，期权价格的变化量。

在“Bond_Options”及“Caps_and_Swap_Options”工作表中，计算中的希腊值分别为：

DV01：当零息利率曲线往上平移一个基点，期权价格相应的变化量。

Gamma01：零息利率曲线往上平移一个基点，DV01 相应的变化量。

Vega：波动率增长 1%（例如，波动率由 20% 变为 21%），期权价格相应的变化量。

应用工具

此应用工具被命名为“DG153 functions. xls”，此工具包含 21 个函数以及 7 个实例，用户能够以这些实例出发建立自己的应用软件。

函数

软件的应用工具程序为“DG153 functions. xls”，此应用工具包含以下 21 个函数，在 Excel 计算表中有关于每个函数的详细描述。

- Black_Scholes：此函数采用 Black-Scholes-Merton 模型来计算欧式期权的价格，基础资产可以是股票、股指、货币或者期货合约。
- TreeEquityOpt：此函数采用二叉树模型来计算欧式或美式期权的价格，基础资产可以是股票、股指、货币或者期货合约。

- BinaryOption：此函数用于计算两点式期权的价格，基础资产可以是股票、股指、货币或者期货合约。
- BarrierOption：此函数用于计算障碍式期权的价格，基础资产可以是无股息股票、股指、货币或者期货合约。
- AverageOption：此函数用于计算亚式期权的价格，基础资产可以是无股息股票、股指、货币或者期货合约。
- ChosserOption：此函数用于计算选择人期权的价格，基础资产可以是无股息股票、股指、货币或者期货合约。
- CompoundOption：此函数用于计算复合式期权的价格，基础资产可以是无股息股票、股指、货币或者期货合约。
- LookbackOption：此函数用于计算回望式期权的价格，基础资产可以是无股息股票、股指、货币或者期货合约。
- EPortfolio：此函数用于计算由股票、股指、货币或者期货合约作为基础资产的期权交易组合的价格。
- BlackCap：此函数采用 Black 模型来计算利率上限以及下限的价格。
- HullWhiteCap：此函数采用 Hull-White 模型来计算利率上限以及下限的价格。
- TreeCap：此函数采用三叉树模型来计算利率上限以及下限的价格。
- BlackSwapOption：此函数采用 Black 模型来计算利率互换期权的价格。
- HullWhiteSwap：此函数采用 Hull-White 模型来计算利率互换期权的价格。
- TreeSwapOption：此函数采用三叉树模型来计算利率互换期权的价格。
- BlackBondOption：此函数采用 Black 模型来计算债券期权的价格。
- HullWhiteBondOption：此函数采用 Hull-White 模型来计算债券期权的价格。
- TreeBondOption：此函数采用三叉树模型来计算债券期权的价格。
- BondPrice：此函数计算期权的价格。
- SwapPrice：此函数计算简单利率互换的价格，这一函数忽略在定价日之前的定息日（reset date）所决定的现金流。
- IPortfolio：此函数用于计算利率衍生产品组合的价格。

应用例子

“DG153 function. xls”包括 7 个含有应用实例的工作页

A. 二叉树收敛性（Binomial Convergence）：这一应用实例用于检验附录 F 中所讨论的二叉树的收敛性。

B. 希腊值（Greek Letters）：这一应用实例将第 6 章中所讨论的希腊值图形化。

C. Delta 对冲（Delta Hedge）：这一应用实例用于检验表 6-2 和表 6-3 中的 Delta 对冲的表现。

D. Delta 和 Gamma 对冲（Delta and Gamma Hedge）：这一应用实例用于检验 Delta 和 Gamma 对冲对于两点式期权的表现。

E. 风险价值度（Value at Risk）：这一应用实例采用三种不同的方法来计算有三个期权所组成的交易组合的风险价值度。

F. 障碍期权复制（Barrier Replication）：这一应用实例是关于期权静态复制计算（见第 6 章）。

G. 三叉树收敛性（Trinomial Convergence）：这一应用实例用于检验三叉树的收敛性（本书没有讨论）。

$x \leqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值

下表列出了对应于 $x \leqslant 0$ 的 $N(x)$ 的取值，此表应该与插值并用。例如

$$\begin{aligned} N(-0.1234) &= N(-0.12) - 0.34 \times [N(-0.12) - N(-0.13)] \\ &= 0.4522 - 0.34 \times (0.4522 - 0.4583) \\ &= 0.4509 \end{aligned}$$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
-0.10	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.20	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.30	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.40	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.50	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.60	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.70	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.80	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.90	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-1.00	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-1.10	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.20	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.30	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.40	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.50	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.60	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.70	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.80	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.90	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-2.00	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-2.10	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.20	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.30	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.40	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.50	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.60	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.70	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.80	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.90	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-3.00	0.0014	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-3.10	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.20	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.30	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.40	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.50	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.60	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
-3.70	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
-3.80	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
-3.90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-4.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

$x \geqslant 0$ 时 $N(x)$ 的取值

下表列出了对应于 $x \geqslant 0$ 的 $N(x)$ 的取值，此表应该与插值并用。例如

$$\begin{aligned} N(0.627\,8) &= N(0.62) + 0.78 \times [N(0.63) - N(0.62)] \\ &= 0.732\,4 + 0.78 \times (0.735\,7 - 0.732\,4) \\ &= 0.735\,0 \end{aligned}$$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	0.500 0	0.504 0	0.508 0	0.512 0	0.516 0	0.519 9	0.523 9	0.527 9	0.531 9	0.535 9
0.10	0.539 8	0.543 8	0.547 8	0.551 7	0.555 7	0.559 6	0.563 6	0.567 5	0.571 4	0.575 3
0.20	0.579 3	0.583 2	0.587 1	0.591 0	0.594 8	0.598 7	0.602 6	0.606 4	0.610 3	0.614 1
0.30	0.617 9	0.621 7	0.625 5	0.629 3	0.633 1	0.636 8	0.640 6	0.644 3	0.648 0	0.651 7
0.40	0.655 4	0.659 1	0.662 8	0.666 4	0.670 0	0.673 6	0.677 2	0.680 8	0.684 4	0.687 9
0.50	0.691 5	0.695 0	0.698 5	0.701 9	0.705 4	0.708 8	0.712 3	0.715 7	0.719 0	0.722 4
0.60	0.725 7	0.729 1	0.732 4	0.735 7	0.738 9	0.742 2	0.745 4	0.748 6	0.751 7	0.754 9
0.70	0.758 0	0.761 1	0.764 2	0.767 3	0.770 4	0.773 4	0.776 4	0.779 4	0.782 3	0.785 2
0.80	0.788 1	0.791 0	0.793 9	0.796 7	0.799 5	0.802 3	0.805 1	0.807 8	0.810 6	0.813 3
0.90	0.815 9	0.818 6	0.821 2	0.823 8	0.826 4	0.828 9	0.831 5	0.834 0	0.836 5	0.838 9
1.00	0.841 3	0.843 8	0.846 1	0.848 5	0.850 8	0.853 1	0.855 4	0.857 7	0.859 9	0.862 1
1.10	0.864 3	0.866 5	0.868 6	0.870 8	0.872 9	0.874 9	0.877 0	0.879 0	0.881 0	0.883 0
1.20	0.884 9	0.886 9	0.888 8	0.890 7	0.892 5	0.894 4	0.896 2	0.898 0	0.899 7	0.901 5
1.30	0.903 2	0.904 9	0.906 6	0.908 2	0.909 9	0.911 5	0.913 1	0.914 7	0.916 2	0.917 7
1.40	0.919 2	0.920 7	0.922 2	0.923 6	0.925 1	0.926 5	0.927 9	0.929 2	0.930 6	0.931 9
1.50	0.933 2	0.934 5	0.935 7	0.937 0	0.938 2	0.939 4	0.940 6	0.941 8	0.942 9	0.944 1
1.60	0.945 2	0.946 3	0.947 4	0.948 4	0.949 5	0.950 5	0.951 5	0.952 5	0.953 5	0.954 5
1.70	0.955 4	0.956 4	0.957 3	0.958 2	0.959 1	0.959 9	0.960 8	0.961 6	0.962 5	0.963 3
1.80	0.964 1	0.964 9	0.965 6	0.966 4	0.967 1	0.967 8	0.968 6	0.969 3	0.969 9	0.970 6
1.90	0.971 3	0.971 9	0.972 6	0.973 2	0.973 8	0.974 4	0.975 0	0.975 6	0.976 1	0.976 7
2.00	0.977 2	0.977 8	0.978 3	0.978 8	0.979 3	0.979 8	0.980 3	0.980 8	0.981 2	0.981 7
2.10	0.982 1	0.982 6	0.983 0	0.983 4	0.983 8	0.984 2	0.984 6	0.985 0	0.985 4	0.985 7
2.20	0.986 1	0.986 4	0.986 8	0.987 1	0.987 5	0.987 8	0.988 1	0.988 4	0.988 7	0.9890
2.30	0.989 3	0.989 6	0.989 8	0.990 1	0.990 4	0.990 6	0.990 9	0.991 1	0.991 3	0.991 6
2.40	0.991 8	0.992 0	0.992 2	0.992 5	0.992 7	0.992 9	0.993 1	0.993 2	0.993 4	0.993 6
2.50	0.993 8	0.994 0	0.994 1	0.994 3	0.994 5	0.994 6	0.994 8	0.994 9	0.995 1	0.995 2
2.60	0.995 3	0.995 5	0.995 6	0.995 7	0.995 9	0.996 0	0.996 1	0.996 2	0.996 3	0.996 4
2.70	0.996 5	0.996 6	0.996 7	0.996 8	0.996 9	0.997 0	0.997 1	0.997 2	0.997 3	0.997 4
2.80	0.997 4	0.997 5	0.997 6	0.997 7	0.997 7	0.997 8	0.997 9	0.997 9	0.998 0	0.998 1
2.90	0.998 1	0.998 2	0.998 2	0.998 3	0.998 4	0.998 4	0.998 5	0.998 5	0.998 6	0.998 6
3.00	0.998 6	0.998 7	0.998 7	0.998 8	0.998 8	0.998 9	0.998 9	0.998 9	0.999 0	0.999 0
3.10	0.999 0	0.999 1	0.999 1	0.999 1	0.999 2	0.999 2	0.999 2	0.999 2	0.999 3	0.999 3
3.20	0.999 3	0.999 3	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 4	0.999 5	0.999 5	0.999 5
3.30	0.999 5	0.999 5	0.999 5	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 6	0.999 7
3.40	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 8
3.50	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8	0.999 8
3.60	0.999 8	0.999 8	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
3.70	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
3.80	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9	0.999 9
3.90	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
4.00	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0

［Ｇｅｎｅｒａｌ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝风险管理与金融机构　原书第２版
作者＝（加）约翰·赫尔著
页数＝３９４
出版社＝机械工业出版社
出版日期＝ｎｕｌｌ
ＳＳ号＝１２５９９１０６
ＤＸ号＝０００００６９２２７７７
ｕｒｌ＝ｈｔｔｐ：／／ｂｏｏｋ２．ｄｕｘｉｕ．ｃｏｍ／ｂｏｏｋＤｅｔａｉｌ．ｊｓｐ？ｄｘＮｕｍｂｅｒ＝０００００６９２２７７７＆ｄ＝３２６６７８２０７Ｃ６８Ｄ５Ｄ２２５ＦＡ３Ｆ８３Ｃ６Ｂ５Ｆ３４６＆ｆｅｎｌｅｉ＝＆ｓｗ＝％Ｂ７％Ｅ７％ＣＦ％Ｄ５％Ｂ９％ＤＣ％Ｃ０％ＥＤ％Ｄ３％ＥＢ％ＢＤ％Ｆ０％Ｃ８％ＤＡ％ＢＢ％ＦＡ％Ｂ９％Ｂ９